

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UNA APLICACIÓN PARA DISPOSITIVOS MÓVILES PARA EL CÁLCULO DE LA ELÁSTICA DE VIGAS BASADA EN EL MÉTODO DE CLEBSCH

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por la Br.:

Gouveia Rada, María Fernanda

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, 2015

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UNA APLICACIÓN PARA DISPOSITIVOS MÓVILES PARA EL CÁLCULO DE LA ELÁSTICA DE VIGAS BASADA EN EL MÉTODO DE CLEBSCH

TUTORES ACADÉMICOS:

Prof. Alba López

Prof. Vannessa Duarte

Prof. María Eugenia Korody

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por la Br.:

Gouveia Rada, María Fernanda

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, 2015

ACTA

El día nueve (9) de octubre de 2015 se reunió el jurado formado por los profesores:

Alba López, Vannessa Duarte, María Eugenia Korody

Carlos Lee

Tomás Osers

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: **"DISEÑO DE UNA APLICACIÓN PARA DISPOSITIVOS MÓVILES PARA EL CÁLCULO DE LA ELÁSTICA DE VIGAS BASADA EN EL MÉTODO DE CLEBSCH."**

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que la bachiller hizo de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió la siguiente calificación:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. María Fernanda Gouveia R	20	VEINTE

Recomendaciones: Se recomienda otorgar mención Honorífica /

FIRMAS DEL JURADO

Alba López, Vannessa Duarte, María Eugenia Korody
Carlos Lee
Tomás Osers


Caracas, 9 de Octubre de 2015

ACTA

Quienes suscriben, integrantes de la totalidad del jurado examinador del Trabajo Especial de Grado titulado "DISEÑO DE UNA APLICACIÓN PARA DISPOSITIVOS MÓVILES PARA EL CÁLCULO DE LA ELÁSTICA DE VIGAS BASADA EN EL MÉTODO DE CLEBSCH " presentado por la **Br. María Fernanda Gouveia** (CI: 19.499.273), para optar al Título de Ingeniero Civil, acordaron por unanimidad solicitarle a las Autoridades correspondientes de la Facultad de Ingeniería, tengan a bien otorgar **MENCIÓN HONORÍFICA** al Trabajo de Grado antes mencionado.

Esta solicitud se hace por considerar que el trabajo es un aporte importante en el área de la programación aplicada a la Ingeniería Estructural, al entregar una aplicación cuyo procedimiento pueda servir de base para el desarrollo de futuros proyectos en el área, además de convertirse en pionero en la inclusión de tecnologías de vanguardia en las aulas de clase.

Se levanta la presente Acta en Caracas, a los nueve días del mes de octubre de dos mil quince.



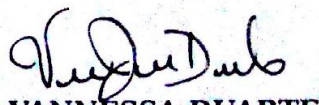
TOMÁS OSERS
Jurado Principal



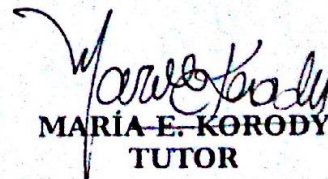
CARLOS LEE
Jurado Principal



ALBA LÓPEZ
TUTOR



VANNESSA DUARTE
TUTOR



MARÍA-E. KORODY
TUTOR

DEDICATORIA

A Niuska y Raúl, son mi tronco, mi base
y siempre serán mi inspiración.

AGRADECIMIENTOS

A Niuska, mi madre, por el amor incondicional, apoyo y complicidad que me ha brindado durante toda mi vida, por siempre impulsarme a cumplir mis metas.

A Raúl, mi padre, por su carácter, su disposición de siempre ayudar y sus ganas de hacer las cosas correctas. Por todo lo que me ha enseñado e inspirado.

A mi hermano Raúl por ser una extensión de mí, por estar cuando me hizo falta y aconsejarme siempre desde su corazón.

A mis abuelas María José y María Chacón, por darme tanto amor, sus sabios consejos y por sus innumerables enseñanzas de vida, por ser mujeres de temple, luchadoras e incansables. A mi abuelo Álvaro, porque sé que desde el cielo guías mis pasos e iluminas mi camino. Y a mi abuelo Juan por su cariño.

A Mauricio, por apoyarme siempre y acompañarme en cada paso, por creer en mí y motivarme a crecer cada día más.

A toda mi gran familia, mis tías, tíos, primos y amigos, por su inmenso cariño, por consentirme y darme su apoyo cuando lo necesité. Soy afortunada de tenerlos a todos.

A mis tutoras, las profesoras Alba, Vannessa y María Eugenia, por su alta dedicación, compromiso y excelencia académica, por brindarme su tiempo y conocimientos. Por creer en mí.

A la Universidad Central de Venezuela, por acogerme en su grandeza y permitirme ser parte de ella. Por todo lo aprendido, las personas encontradas y los momentos vividos. Por ser mi segunda casa, mi alma Máter, hoy y siempre.

A todos los que directa o indirectamente contribuyeron en la realización de este Trabajo Especial de Grado.

Gouveia R. María F.

DISEÑO DE UNA APLICACIÓN PARA DISPOSITIVOS MÓVILES PARA EL CÁLCULO DE LA ELÁSTICA DE VIGAS BASADA EN EL MÉTODO DE CLEBSCH.

Tutores Académicos: Prof. Alba López, Prof. Vannessa Duarte, Prof. María Eugenia Korody.

Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.
Escuela de Ingeniería Civil. Año 2015, nº pág. 106.

Palabras Clave: enseñanza, aprendizaje móvil, aplicación, dispositivos móviles, curva elástica, deformaciones en vigas, Método de Clebsch.

Resumen

Mediante la elaboración de este Trabajo Especial de Grado se plantea el diseño y construcción de una herramienta de cálculo basada en el aprendizaje móvil, específicamente una aplicación para dispositivos móviles Android que calcule la curva elástica de elementos sometidos a fuerzas cortantes y momentos flectores, basada en el Método de Clebsch de Resistencia de Materiales.

Para tal fin se requirió el aprendizaje de un lenguaje de programación, que se adaptara a la plataforma Android y la implementación del lenguaje aprendido al Método de Clebsch para la elaboración de la herramienta. Previamente resultó necesaria una recopilación bibliográfica del método para adentrarse en los fundamentos teóricos y casos de estudio. De igual manera fue primordial la definición de variables del Método de Clebsch y sus etapas. Para la construcción de la aplicación se implementó la Metodología basada en prototipo.

Una vez llevados a cabo los procesos de instrumentación, aprendizaje, conceptualización de la herramienta y diseño se obtuvo una aplicación para dispositivos móviles denominada ***Elástica Clebsch*** para el estudio de vigas isostáticas, la cual calcula y grafica los valores del ángulo de rotación de la

elástica, la elástica así como los diagramas de corte y momento del sistema estudiado.

Con la creación de esta aplicación para dispositivos móviles se busca implementar su uso en la asignatura de Resistencia de Materiales, por lo que esta herramienta correspondería a la primera aplicación para dispositivos móviles de uso educativo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela.

ÍNDICE

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
OBJETIVOS	4
APORTES	5
MARCO REFERENCIAL	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
1. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC).....	11
1.1 Importancia de las TIC en la educación	12
1.2 Las TIC con mayor impacto en la Educación superior en Iberoamérica	14
2. APRENDIZAJE MÓVIL	16
2.1 Aporte a la educación	17
3. DISPOSITIVOS MÓVILES.....	18
3.1 Incremento de su uso en los últimos años	18
4. APLICACIONES PARA MÓVILES USADAS EN INGENIERÍA	19
5. ANDROID STUDIO.....	20
5.1 Generalidades	20
5.2 API Level	21
5.3 Tamaño pantalla.....	22
5.4 Lenguaje Java	23
6. MÉTODO DE CRAMER.....	24
7. MÉTODO DE BISECCIÓN	24
8. INTRODUCCIÓN DE MÉTODOS USADOS EN RESISTENCIA DE MATERIALES PARA EL CÁLCULO DE DEFORMACIONES EN VIGAS	25
8.1 Hipótesis de estudio de vigas	25
8.2 Deformaciones en vigas	26
8.2.1 Condiciones de borde.....	27
8.2.2 Discontinuidad	29
8.2.2.1 Discontinuidad en la ecuación de momento.	29
8.2.2.2 Discontinuidad estructural.	29

8.3 Ecuación diferencial de la elástica.....	29
8.4 Métodos utilizados para el cálculo de la elástica.....	30
8.4.1 Método de la doble integración.....	30
8.4.2 Teoremas de Mohr	31
8.5 Método Macaulay-Clebsch	31
8.5.1 Fundamentos teóricos	32
8.5.2 Aplicación del método.....	32
8.5.3 Ventajas de su uso sobre otros métodos	34
CAPÍTULO III: MÉTODO	35
CAPÍTULO IV: ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO.....	38
CAPÍTULO V: RESULTADOS	40
CAPÍTULO VI: DISPOSICIONES FINALES	75
CONCLUSIONES.....	75
RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS.....	80

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Gráfico 1. Distribución porcentual de las versiones SDK de Android.....	21
Figura 1. Clasificación según tamaño y densidad de pantalla (Fuente: Android Studio)...	22
Figura 2. Distribución de dispositivos móviles de acuerdo al tamaño y densidad de pantalla (Fuente: Android Studio).....	23
Figura 3. Configuración de ejes del elemento en estudio.....	25
Figura 4. Curva elástica (Fuente: Stiopin, 1979)	27
Figura 5. Función de discontinuidad	32
Figura 6. Configuración particular (Fuente: Stiopin, 1979)	33
Figura 7. Metodología basada en prototipo	38
Figura 8. Diagrama de flujo del sistema actual.....	42
Figura 9. Logo aplicación Elástica Clebsch	46
Figura 10. Configuraciones posibles de estudiar con la aplicación	47
Figura 11. Sistema de referencia utilizado en la aplicación.....	49
Figura 12. Diagrama UML: Caso de uso general de Aplicación.	50
Figura 13. Diagrama de clases UML	51
Figura 14. Caso de uso Inicio	53
Figura 15. Diagrama de flujo de validación de Longitud de la viga	54
Figura 16. Pantalla Inicio	55
Figura 17. Caso de uso Apoyos.....	57
Figura 18. Diagrama de flujo de validación de las unidades de vinculación.....	58
Figura 19. Pantalla Apoyos.....	59
Figura 20. Caso de uso Cargas	60
Figura 21. Diagrama de flujo de validación de cargas aplicadas.....	62
Figura 22. Pantalla Cargas	63
Figura 23. Caso de uso Resultados.....	64
Figura 24. Diagrama de flujo de validación de Resultados.....	65
Figura 25. Pantalla Resultados.....	66
Figura 26. Pantallas de ecuaciones: Pendiente de la Elástica y Desplazamientos.....	67
Figura 27. Caso de uso Diagramas	68
Figura 28. Diagrama de flujo de validación de Diagramas	69
Figura 29. Pantalla Diagramas	70
Figura 30. Ejercicio propuesto. (Fuente: Stiopin, 1979).....	71

Figura 31. Diagramas de Elástica Clebsch del problema resuelto	73
Figura 32. Diagramas del texto del problema resuelto (Fuente: Stiopin, 1979).....	73
Figura 2 - 1. Configuraciones posibles de estudiar con Elástica Clebsch	83
Figura 2 - 2. Configuración del ejercicio a resolver (Fuente: Hibbeler, 2006).....	84
Figura 2 - 3. Funcionamiento de pantalla Inicio de la aplicación	85
Figura 2 - 4. Funcionamiento de pantalla Apoyos de la aplicación.....	87
Figura 2 - 5. Funcionamiento de pantalla Cargas de la aplicación.	89
Figura 2 - 6. Finalización de proceso de introducción de Cargas.	90
Figura 2 - 7. Funcionamiento de pantalla Resultados	92
Figura 2 - 8. Visualización de resultados ejercicio resuelto	93
Figura 2 - 9. Resultados del ejercicio resuelto. (Fuente: Hibbeler, 2006)	93
Figura 2 - 10. Funcionamiento de pantalla Diagramas	95
Figura 3 - 1. Código de la Clase Viga.....	97
Figura 3 - 2. Código de la Clase Restricción	98
Figura 3 - 3. Código de la Clase Cargas.....	99
Figura 3 - 4. Código del Método de Cramer Parte 1	100
Figura 3 - 5. Código del Método de Cramer Parte 2.....	101
Figura 3 - 6. Código del Método de Bisección Parte 1	102
Figura 3 - 7. Código del Método de Bisección Parte 2	103
Figura 4 - 1. Configuración de Android Studio.....	105
Figura 4 - 2. Botón de correr la aplicación de Android Studio	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de las versiones SDK de Android.....	21
Tabla 2. Distribución de dispositivos móviles de acuerdo al tamaño y densidad de pantalla	22
Tabla 3 Unidades de vinculación externas y condiciones de borde que generan.	28
Tabla 4. Unidades de vinculación internas y condiciones de borde que generan.	29
Tabla 5. Matriz FODA del sistema actual.....	43
Tabla 6. Descripción del caso de uso general de la Aplicación.	51
Tabla 7. Descripción del caso de uso Inicio.....	53
Tabla 8. Descripción del caso de uso Apoyos.	57
Tabla 9. Descripción del caso de uso Cargas.....	61
Tabla 10. Descripción del caso de uso Resultados	65
Tabla 11. Descripción del caso de uso Diagramas	68
Tabla 12. Comparación de resultados de ejercicio propuesto	72

INTRODUCCION

Las herramientas de cálculo usadas en la Ingeniería actualmente resultan imprescindibles, ya que se otorga la posibilidad de expandir y profundizar conocimientos en el área, logrando alcanzar niveles de alta calidad en proyectos y obras ejecutadas, siempre y cuando se manejen adecuadamente, ya que permiten ejecutar análisis cada vez más detallados y rigurosos. Su uso genera una cantidad de ventajas sobre los procedimientos originales, que generalmente se asocian a una disminución del margen de error, y por lo tanto la reducción de tiempo de ejecución del procedimiento. Dichas herramientas permiten empoderar el conocimiento, abriendo nuevos horizontes para quienes la utilizan, sin embargo su uso no debe asociarse a la eliminación del estudio de los métodos convencionales, especialmente en la formación de ingenieros.

El siguiente Trabajo Especial de Grado se basa en la construcción de una herramienta de cálculo, específicamente una aplicación para dispositivos móviles Android para determinar las deformaciones en vigas. A través de sus capítulos se procederá a definir la problemática que conllevó a la construcción de dicha herramienta, respondiendo a la necesidad de creación y uso de nuevas tecnologías en la Facultad de Ingeniería de la UCV, los conceptos aplicados en el desarrollo de la herramienta, la metodología utilizada y los resultados obtenidos.

En el desarrollo del Trabajo Especial de Grado fue necesario llevar a cabo una serie de acciones definidas en el método a seguir que contemplan, entre otros, el estudio a fondo del Método de Clebsch, sus variables, limitaciones y procedimientos. De igual forma, para la creación de la herramienta fue necesario adquirir ciertos conocimientos de programación y desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles, así como aplicar una metodología basada en prototipo, permitiendo plasmar los conocimientos obtenidos al programa Android Studio, a través del lenguaje de programación Java.

Mediante la realización de dicho trabajo se pretende estimular el estudio del Método de Clebsch en la Facultad de Ingeniería, así como ofrecer una herramienta de cálculo útil y precisa a los Ingenieros civiles.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde los inicios del estudio de la ingeniería, en las diferentes universidades a nivel nacional, se usaban herramientas para realizar las operaciones matemáticas requeridas. Dichas herramientas han variado y se ha ido facilitando el proceso de cálculo enormemente. Inicialmente se utilizaban reglas de cálculo y ábacos, luego surgió la calculadora que ocupaba grandes dimensiones y tomaba un tiempo realizar las operaciones matemáticas; posterior a eso se crearon las calculadoras portátiles que actualmente son capaces de graficar, programar hojas de cálculo, entre muchas otras funciones, lo cual indica que con el pasar de los años el ser humano ha usado el avance tecnológico a su favor, construyendo herramientas que empoderen su conocimiento y efectividad.

Hoy en día en el país diversas universidades son vanguardia a nivel educativo, por las numerosas facilidades que brindan a sus estudiantes al ofrecer cátedras semi-presenciales y presenciales haciendo uso de recursos multimedia, cursos y diplomados en línea, entre otros, apoyándose principalmente en recursos tecnológicos utilizando las redes sociales como su mayor aliado. Todo esto con el fin de expandir los límites del conocimiento mediante la implementación del concepto de Aprendizaje Móvil, logrando así que los alumnos tengan acceso a la información desde cualquier lugar donde se encuentren y sean los principales involucrados en crear y compartir nuevos conocimientos. El Aprendizaje Móvil forma parte de los nuevos métodos de enseñanza y su finalidad es brindar herramientas tecnológicas a los alumnos para incrementar su velocidad y calidad de aprendizaje, a través de la utilización de dispositivos móviles, específicamente de teléfonos inteligentes los cuales con sus numerosas aplicaciones forman parte casi imprescindible de la vida cotidiana de sus usuarios.

Sin embargo, en la Universidad Central de Venezuela son pocos los recursos tecnológicos utilizados a nivel educativo, limitando las clases a aspectos teóricos y prácticas convencionales poco novedosas, restringiendo el proceso de aprendizaje de los alumnos.

Es por esta razón que se propone crear una herramienta fundamentada en el Aprendizaje Móvil, específicamente una aplicación para dispositivos móviles que permita reforzar el aprendizaje sobre el Método de Clebsch, a los alumnos cursantes de la asignatura Resistencia de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de

Venezuela. Dicho método se emplea para calcular las deformaciones en elementos sometidos a fuerza cortante y momentos flectores mediante la obtención de la curva elástica del elemento. Con la creación de esta herramienta no se desea sustituir los elementos y métodos básicos implementados en el salón de clase sino brindar a los docentes un mecanismo de apoyo en clases que permita a sus estudiantes comprender y analizar fundamentos teóricos, motivándolos a la constante práctica, mediante una clase considerablemente más dinámica que lo usual en donde se fomente la interacción alumno-profesor. Esta herramienta reduciría los tiempos de ejecución de los ejercicios, por lo tanto permitiría analizar los resultados arrojados por la aplicación de forma rápida y al mismo tiempo compararlos con algún ejercicio realizado en clase en la forma convencional con otro introduciendo cambios en los datos del problema, entre muchas otras acciones.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una aplicación basada en el Método de Clebsch de Resistencia de Materiales para ser utilizada en dispositivos móviles.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Definir las variables y características del elemento viga, necesarias para aplicar el método.
2. Desarrollar una herramienta de cálculo de la curva elástica de elementos sometidos a flexión a partir del Método de Clebsch.
3. Presentar una aplicación desarrollada para dispositivos móviles para el cálculo de la curva elástica de elementos sometidos a flexión a través del Método de Clebsch.

APORTES

A continuación se establecen los aportes de dicho Trabajo Especial de Grado:

- Con este Trabajo Especial de Grado se crea la primera aplicación para dispositivos móviles de uso educativo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela
- Al implementarse se estará fomentando el uso de herramientas tecnológicas en la Universidad como parte del Aprendizaje Móvil.
- Con el uso de esta aplicación se busca modificar la dinámica convencional de trabajo en el aula, al fomentar una mayor participación e interacción de los alumnos.
- De igual forma se facilitaría el aprendizaje y generaría un mayor interés al recibir las clases, debido al enfoque actual y tecnológico que tomaría la ejercitación del método.
- Abrir paso a otros trabajos de investigación que se basen en el uso de la Ingeniería para la resolución de problemas mediante aplicaciones para dispositivos móviles.

Finalmente se puede acotar que crear una aplicación para dispositivos móviles de uso educativo para la facultad implica un aporte a la formación de un grupo de futuros ingenieros que forman parte del cambio inminente que se vive en el mundo y en la Ingeniería.

MARCO REFERENCIAL

Son múltiples los estudios que han sido llevados a cabo por diversas organizaciones e investigadores, con el fin de ampliar los conocimientos sobre el Aprendizaje Móvil, sus ventajas y desventajas, y así contribuir al desarrollo de nuevas tecnologías para incluirlas como parte del aprendizaje de las personas y el crecimiento de las instituciones. En este Trabajo se analizaron cuatro documentos específicamente, los cuales contribuyeron al desarrollo del mismo por relacionarse ampliamente con los conceptos desarrollados.

A continuación se presenta un resumen de lo expuesto en el documento **Directrices para las políticas de aprendizaje móvil** (UNESCO, 2013), en el cual se establecen las ventajas de la aplicación del Aprendizaje Móvil y además se presentan ciertos estudios de casos, que han sido llevados a cabo en diferentes partes del mundo, exponiendo los principales resultados obtenidos. A continuación se citan las ventajas singulares de este método de enseñanza allí expuestas:

- Mayor alcance e igualdad de oportunidades en la educación
- Facilidad para el aprendizaje personalizado
- Respuesta y evaluación inmediatas
- Aprendizaje en cualquier momento y lugar
- Empleo productivo del tiempo pasado en el aula
- Creación de nuevas comunidades de educandos
- Apoyo al aprendizaje en lugares concretos
- Mejora del aprendizaje continuo
- Vínculo entre la formación formal y no formal
- Mínimos trastornos para el aprendizaje en zonas de conflicto y de desastre
- Apoyo a los educandos con discapacidad
- Mejora la comunicación y la administración
- Máxima eficacia en función de los costos

Los estudios de casos expuestos en la publicación son:

- **Nokia life:** fue puesto en marcha en el año 2009, contribuyendo con la información y educación de más de 90 millones de persona en la India, China, Indonesia y Nigeria. El servicio consiste en el envío de información al usuario según la opción de su elección (entre los temas se encuentran: salud, agricultura, educación e

iniciativa empresarial). Ha permitido ayudar tanto a estudiantes como a personas con oficios, amas de casa, etc.

- **Proyecto de alfabetización móvil de la UNESCO:** en el cual se impartieron teléfonos a cierta población adolescente femenina que habitaba en zonas remotas de Pakistán, país en el cual el analfabetismo es un problema que ataca mayormente al género femenino. El proyecto se inició con 250 alumnas, luego de demostrarse el éxito del mismo, se amplió incluyendo a doscientas cincuenta mil estudiantes.
- **Proyecto Gema (Gestión para la Mejora del Aprendizaje):** es un programa puesto en marcha en la provincia argentina de Salta, con el fin de mejorar la comunicación entre las escuelas de la zona y los órganos educativos la cual es lenta y poco fiable, logrando así recaudar información clave sobre las escuelas y el rendimiento escolar, necesaria para la detección de problemas en las mismas.

Otro artículo analizado fue **El uso académico de las redes sociales en universitarios** (Gómez, M., Farias P., Roses, P., 2012), el cual es un estudio realizado por dos profesores y un investigador la Universidad de Málaga que fue publicado por la Revista Comunicar en su versión electrónica, sobre el uso que le dan los estudiantes universitarios a las redes sociales, los resultados se obtuvieron a través de una encuesta con una muestra de 938 estudiantes de la universidad.

Dicho estudio se realizó por el alto consumo de redes sociales y nuevas tecnologías especialmente en la generación de jóvenes universitarios, y la inclusión de dichas herramientas en las rutinas diarias de los estudiantes. Allí se establece que “la universidad se enfrenta a aulas de nativos digitales que demandan un nuevo tipo de enseñanza”, aquella que incluya tecnología y recursos digitales.

De igual forma se afirma que todas las aplicaciones o redes sociales actuales implican la participación activa del usuario, convirtiéndose no sólo en los destinatarios de la información sino en generadores de la misma. Estas herramientas antes mencionadas, favorecen publicar y compartir información de manera cómoda, y rápida, además fomentan el autoaprendizaje, trabajo en equipo, la comunicación tanto entre alumnos como de alumno-profesor, entre muchos otros beneficios, logrando que el aprendizaje se torne interactivo y especialmente se desarrolle en un ambiente más dinámico.

De los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas a los estudiantes seleccionados, se obtuvieron los siguientes datos:

- El 91,2% de los encuestados se reconoció como usuario de alguna red social.
- Los estudiantes universitarios hacen un gran uso de las redes sociales y su tiempo de conexión es elevado, el 53% se conecta varias veces al día, siendo el consumo más notorio entre las 7pm y 12am.
- La aplicación académica que hacen de las redes es baja (sólo el 24,7% de los encuestados afirman que el motivo por el cual usan las redes con mayor frecuencia es por estudios), y el apoyo docente percibido en las redes fue más bien escaso.
- Se expone que según dicho estudio se muestra cómo el uso de redes para actividades académicas generalmente parte de la iniciativa de los alumnos y muy pocas veces por iniciativas del profesorado.
- Los alumnos mostraron una actitud positiva en utilizar las redes sociales con fines educativos. El 59,9% consideró positivo la creación de grupos para las asignaturas en cualquier red social.
- A pesar de que predomine el uso de las redes sociales para entretenimiento, la actitud positiva del alumnado y las amplias posibilidades comunicativas de estas herramientas posibilitan y facilitan la utilización didáctica de las redes sociales, siempre que los docentes planifiquen y gestionen adecuadamente estos recursos.

Propuesta para el diseño y desarrollo de Aplicaciones M-learning: Caso, Apps de historias del Perú como objetos de aprendizaje móviles (Herrera, J., Ocsa, A., Suero, G., Villalba, K, 2014) es un trabajo realizado por miembros de la Universidad Nacional de San Agustín en Perú, el cual formó parte de los tópicos discutidos en el Congreso Internacional de Información Educativa TISE 2014 y abarca el importante tema del desarrollo de aplicaciones relacionadas al Aprendizaje Móvil.

En este trabajo principalmente se propone crear las aplicaciones relacionadas al Aprendizaje Móvil según el estándar TIN CAN API, permitiendo conseguir un producto de alta calidad y despliegue multiplataforma (iOS, Android y Windows). Esto se debe a la gran variedad y diferentes características de los dispositivos móviles, lo cual dificulta el desarrollo de una misma aplicación para diferentes plataformas. Para esto proponen

entonces utilizar un lenguaje de programación estandarizado y así lograr la adaptabilidad y portabilidad de la herramienta.

Naturalmente se apoya el uso de herramientas tecnológicas como parte de la nueva modalidad de enseñanza, específicamente el Aprendizaje Móvil, que por sus características permite que el aprendizaje se realice en cualquier momento y desde cualquier lugar, utilizando recursos multimedia e interactividad.

Además de esto se refuerza el impacto positivo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), argumentando que gracias a su uso se crea material didáctico y convierten los ambientes de aprendizaje en unos más efectivos. Sin embargo reconocen las dificultades que se presentan para los investigadores del área, puesto que deben tratar con esquemas distribuidos, procesos, plataformas y servicios, aprendizaje de un nuevo lenguaje de programación y trabajar con diferentes software y drivers como se mencionó inicialmente.

Para ello plantean una metodología de desarrollo, que contempla una etapa de análisis previa al desarrollo del proceso y una etapa de aplicación durante el mismo. Consiste en una metodología cíclica, que contempla las etapas: análisis, diseño, desarrollo, prueba final y prueba de campo. Además proponen dos casos de aplicación, una App interactiva en formato cómic, y una App en formato de libro interactivo.

Finalmente se analizó el trabajo titulado **Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación Científica** (Pontes, 2005), el cual fue realizado en el Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Córdoba, y posteriormente publicado en la Revista Eureka. Aunque en dicho artículo no se discuta específicamente el Aprendizaje Móvil es importante mencionar que este es considerado una de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) actuales, y que para la fecha de publicación del artículo no era un campo muy estudiado. Sin embargo la información allí expuesta se puede extrapolar al uso de aplicaciones móviles a nivel educativo siendo esta una TIC.

En el texto se estudian principalmente el papel que las TIC pueden llegar a ocupar si se implantan correctamente en la formación académica de los alumnos, reconociendo que es un campo que requiere un amplio estudio, pero apoyando el desarrollo de la informática educativa debido a las notables ventajas pedagógicas que su uso implica.

De igual forma se resalta la función de las TIC en los procesos de aprendizaje tanto teórico como práctico, debido a que a través de los recursos multimedia (tales como fotos, videos, imágenes, simulaciones, entre otros) se facilita la comprensión de conceptos científicos al igual que procedimientos y desarrollo de destrezas intelectuales.

Se habla acerca de la Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO), sosteniendo que se trata sobre el uso de programas específicos diseñados para instruir al alumno sobre temas específicos, y se menciona su especial cabida en la educación científica, debido a la posibilidad que ofrece desde el punto de vista de comunicación interactiva (tratamiento de imágenes, simulación de fenómenos, construcción de modelos, entre otros). Además establece la relación de la EAO con los avances tecnológicos, específicamente en la informática. Unido a esto, se expone una lista de los programas específicos de enseñanza de las ciencias asistidas por ordenador más usados, mostrada a continuación:

- **Programas de ejercitación y autoevaluación:** utilizados como instrumentos de repaso y autoevaluación de una lección determinada.
- **Tutoriales interactivos:** proporcionan información estructurada sobre un tema y plantean actividades de aprendizaje.
- **Enciclopedias multimedia:** recursos formativos en los cuales se puedan realizar consultas.
- **Simulación de fenómenos y laboratorios virtuales:** proporcionan una representación del funcionamiento de un sistema determinado.
- **Laboratorio asistido por computador:** utilización del computador como sistema de control de sensores físicos y de adquisición de datos obtenidos en los experimentos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

La creación de herramientas de cálculo trae consigo la simplificación de los procedimientos anteriormente utilizados para realizar dicho cálculo, pero también genera importantes avances al propiciar menores tiempos de ejecución de procesos.

El siguiente apartado tiene como finalidad exponer algunos de los conceptos y métodos fundamentales aplicados para el desarrollo de la herramienta de cálculo que se desea obtener como resultado de este Trabajo Especial de Grado.

1. Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)

Son como su nombre lo indica, las tecnologías que actualmente utiliza el hombre para comunicarse e informarse, generando a su vez contenido propio e interactuando con diferentes usuarios, logrando establecer un nivel de comunicación globalizado accesible desde cualquier parte del mundo. Es la creación de un nuevo contexto o ambiente en donde las personas se relacionan y vinculan a distancia.

Según el artículo *Las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) y la brecha digital: su impacto en la sociedad de México* (Tello, E., 2008), las TIC son aquellas tecnologías utilizadas para crear, almacenar, intercambiar, transmitir y procesar información en sus varias formas, esto contempla imágenes, videos, notas de voz, artículos, mensajes multimedia, entre otros. Específicamente, estas Tecnologías de la Información y Comunicación están ampliamente relacionadas con telecomunicaciones, computadoras y software, es decir una sociedad informativa que cada día se desarrolla aún más debido a que ella se relaciona al avance tecnológico mundial.

Algunas de las TIC actuales son la telefonía fija y móvil, el internet, televisor, correo electrónico, redes sociales, la radio, entre otras. Ellas forman parte de la dinámica y estilo de vida actual, e incluso algunos afirman que "...son la palanca principal de transformaciones sin precedentes en el mundo contemporáneo" (Carneiro, R., Toscano, J. y Díaz, T., 2009).

Las Tecnologías de la Información y Comunicación han fomentado el desarrollo de una sociedad de la información (Cañabate, A. y Crespi, A., 2010), sin embargo no se tiene un único concepto sobre ésta, ya que existen diferentes opiniones al respecto.

La sociedad de la información surge con la aparición de las primeras TIC y ha evolucionado a través de los tiempos de la mano con la tecnología, convirtiéndose actualmente en una sociedad en la cual crear, compartir, usar y distribuir información es una actividad económica, política y cultural característica y de gran importancia.

1.1 Importancia de las TIC en la educación

La importancia de avances en la educación y sus métodos se hace notoria debido a los avances constantes y significativos que afectan al mundo actualmente, especialmente en el entorno social, pues la educación que recibe un estudiante es la encargada de brindarle las herramientas que utilizará al momento de ejercer una profesión y formar parte de una sociedad dinámica, es por esto que la educación debe ser integral, que promueva el trabajo en equipo de manera multidisciplinaria.

El uso de las TIC en el ámbito educativo va orientado al aumento de habilidades relacionadas al manejo de programas y nuevos contenidos, generación de contenido propio, y con esto mejoras en las destrezas de comunicación del estudiante, las cuales son llamadas: Habilidades TIC.

Las Habilidades TIC están definidas como: “La capacidad de resolver problemas de información, comunicación y conocimiento así como dilemas legales, sociales y éticos en ambiente digital” (Enlaces, Centro de Educación y Tecnología del Ministerio de Educación de Chile, 2013).

Esta definición presenta las Habilidades TIC como esa capacidad que se mencionó y que se debe facilitar al estudiante mediante la aplicación de éstas tecnologías en las aulas de clase, con el fin de prepararlo para la dinámica a la cual estará sometido durante su vida profesional.

Las dimensiones que se desarrollan con el uso de las tecnologías TIC se describirán a continuación y se clasifican según el documento *Matriz de Habilidades TIC para el aprendizaje*, (Enlaces, Centro de Educación y Tecnología del Ministerio de Educación de Chile, 2013):

- **Información.**

Se refiere a la capacidad para buscar, analizar, seleccionar y organizar información en un entorno digital y convertir dicho contenido en un nuevo producto para el manejo de otros usuarios, en este caso la información se percibe como dos sub-dimensiones: la información como fuente y como producto.

La información como fuente: el estudiante debe ser capaz de comprender la pregunta, problema o contenido que se le pide para luego realizar la búsqueda. Actualmente el flujo de información en internet es muy amplio y variable, por lo que el estudiante primero debe seleccionar las fuentes que crea pertinente y confiables para luego seleccionar y analizar de dichas fuentes el contenido requerido en función de la tarea a resolver. Una vez

utilizado el contenido el estudiante debe ordenar y almacenar correctamente la información utilizada para referencias o próxima utilización, es por esto que en la búsqueda de conocimiento se desarrollan las habilidades relacionadas a la búsqueda y disposición del contenido de manera crítica.

La información como producto: en este caso el estudiante debe ser capaz de tomar la información obtenida en su búsqueda y generar sus propias interpretaciones o contenidos en base a lo aprendido, de manera de transformar y poder transmitir esta nueva información de una manera más entendible para otros. En este caso las TIC proponen buenas herramientas para integrar y manejar la información, analizar, interpretar o incluso modelar ciertos conceptos, observando y analizando comportamientos y por ende generando nuevas ideas o recomendaciones.

- ***Comunicación efectiva y colaboración.***

En este caso se aborda la dimensión que fue descrita anteriormente, el poder que tiene un estudiante de recibir una información y utilizarla en pro de una comunidad o sociedad con el fin de resolver las problemáticas actuales de forma multidisciplinaria, es decir fomentar la educación integral del estudiante, se maneja en dos aspectos: la comunicación efectiva y la colaboración.

Comunicación efectiva: consiste en la transmisión de conocimientos, ideas, propuestas o contenidos de manera efectiva, desarrollando la habilidad de transmitir información derivada de los resultados o productos generados por el propio estudiante, por lo que requiere de auto-crítica y capacidad de ordenar información, seleccionando la mejor manera de transmitirla.

Colaboración: se basa en la habilidad de trabajar a distancia mediante medios digitales dentro y fuera del aula de clase, utilizando las TIC para crear medios de discusión en donde se fomente la crítica y la retroalimentación del trabajo generado por varios estudiantes, con el fin de discutir y desarrollar contenidos en equipo.

- ***Convivencia digital***

Al crearse con las TIC un nuevo ambiente en donde los estudiantes pueden desarrollarse, deben establecerse parámetros de la mano de la ética y el respeto hacia los demás. Las habilidades que se incluyen en esta dimensión contribuyen a la formación ética integral de los estudiantes mediante orientaciones sobre dilemas y situaciones planteadas para que los estudiantes tengan la oportunidad de vincularse con otros en un ambiente digital pero sabiendo protegerse de las situaciones riesgosas del Internet, y de alguna forma regular

al acceso a contenido digital inadecuado. Se definen dos sub-dimensiones: Ética y autocuidado y TIC y sociedad.

Ética y autocuidado: esto abarca la habilidad del estudiante de evaluar las TIC para así decidir qué contenido es apropiado para su uso, manejo y distribución a nivel legal, ético y social, además de la capacidad del estudiante de "autorregularse" es decir que sea capaz de decidir cuándo es prudente utilizar una herramienta digital y cuándo no.

TIC y sociedad: se relaciona con la capacidad del estudiante de darse cuenta que su entorno social está cambiando debido a las tecnologías digitales lo que implica cambios en la forma en cómo se desarrolla la sociedad, es decir debe comprender el impacto de las TIC en el contexto social, económico y cultural.

- **Tecnología.**

Esta dimensión comprende las habilidades funcionales y conocimientos del estudiante para nombrar, operar y utilizar las TIC en la resolución de un problema. Debido al constante cambio en tecnologías y nuevos avances este proceso es particularmente dinámico, pues la creación de nuevos software, hardware y programas se hace cotidiano. De esta dimensión se generan tres sub-dimensiones: Conocimiento de las TIC, Operación de las TIC y Uso de las TIC.

Conocimiento de las TIC: se refiere al manejo de conceptos utilizados en las TIC utilizados para nombrar partes y funciones de las computadoras y redes, lo cual es útil a la hora de resolver problemas técnicos asociados a ellas.

Operar las TIC: consiste en la capacidad de usar las TIC de forma segura, resolver cualquier problema técnico que se presente y de administrar información y archivos

Uso de las TIC: comprende el manejo del hardware, software y programas, particularmente aquellos que fomenten el aprendizaje.

1.2 Las TIC con mayor impacto en la Educación superior en Iberoamérica

Horizon Iberoamérica es un proyecto que surgió de la visión de la Universitat Oberta de Catalunya con el objetivo de estudiar el nivel de aceptación de las nuevas tecnologías en instituciones educativas de Iberoamérica (incluye Centroamérica, Sudamérica e incluso España y Portugal) enmarcado por el *Horizon Project* del *New Media Consortium*. Surge como la colaboración entre *The New Media Consortium*, el Centro Superior para la Enseñanza Virtual (CSEV) y Virtual Educa para la reflexión acerca de las tendencias y los retos a los que se enfrentan las instituciones de educación superior además de analizar las TIC que podrían tener un alto impacto en la educación superior, para esto se creó un

Consejo Asesor formado por conocedores del área expertos en el tema, el cual estableció las siguientes doce tecnologías (Johnson, L., Adams Becker, S., Gago, D. Garcia, E., y Martín, S., 2013):

1. **Contenido abierto:** abarca tanto el intercambio de información como el de pedagogías y experiencias dándole una mayor importancia al proceso de aprendizaje como tal que a la información transmitida en los cursos.
2. **Aplicaciones móviles:** debido al auge de compras de dispositivos móviles en los últimos años la computación móvil se ha redefinido, logrando que la creación de nuevas Apps se convierta en un campo muy competitivo debido al amplio uso que se les da.
3. **Computación en nube:** permite el acceso a información y archivos desde cualquier lugar y mediante cualquier dispositivo, dicha facilidad resulta una ventaja inigualable convirtiéndose en una herramienta fundamental para quién trabaja o estudia.
4. **Entornos colaborativos:** se trata de aplicaciones que favorecen el trabajo en grupo sin importar la localización de los integrantes, potencian el trabajo en equipo y los procesos de aprendizaje colaborativos.
5. **Computación a través de tabletas:** su compra y uso también se ha visto incrementado en los últimos años, debido a que combinan características de ordenadores y teléfonos inteligentes siendo de navegación rápida, de fácil manejo y transporte, por lo que el desarrollo de aplicaciones para tabletas cada vez aumenta.
6. **Aprendizaje basado en juegos:** gracias al aumento de plataformas de juegos y a la aparición de nuevos géneros y tipologías de juegos aumenta la posibilidad y calidad de aprendizaje a través de esta modalidad.
7. **Entornos personales de aprendizaje:** tienen como objetivo facilitar y promover el aprendizaje autodirigido y basado en grupo. Se diseñan de acuerdo a los requerimientos y objetivos de cada usuario y se caracterizan por su amplia flexibilidad y personalización.
8. **Geolocalización:** con el uso de GPS en los dispositivos móviles se aumenta la posibilidad de opciones y acciones a ejecutar, pudiéndose añadir una nueva dimensión a los contenidos generados desde nuestros dispositivos.

9. **Analíticas de aprendizaje:** se basa en el análisis, interpretación y modelado de los datos generados por el estudiante, con el fin de llevar a cabo un seguimiento más óptimo de cada uno de ellos y así atender a sus necesidades de manera eficaz.
10. **Aplicaciones semánticas:** usadas con el fin de mejorar el proceso de búsqueda en la web y por lo tanto la obtención de información, aplicaciones “inteligentes” capaces de inferir el contenido introducido y generar recomendaciones y variantes del texto.
11. **Cursos abiertos masivamente en línea:** con el fin de brindarles herramientas a miles de personas mediante cursos disponibles en la web, incluyendo el material de trabajo.
12. **Realidad aumentada:** el área de la información en el espacio 3D se ve potenciada por el alto uso de dispositivos móviles.

2. Aprendizaje Móvil

El concepto de Aprendizaje Móvil ha venido cobrando importancia al pasar de los últimos años, debido al ya mencionado avance de tecnologías móviles y el acceso prácticamente masivo que se tienen sobre estas. Se basa en el uso de dispositivos móviles en el sistema educativo, flexibilizando el acceso a contenidos e información que anteriormente sólo podía encontrarse en libros.

El Aprendizaje Móvil se considera como una de las tecnologías emergentes que tendrá más impacto en los años por venir, debido al auge de los teléfonos móviles y con ellos el incremento en el desarrollo de pequeñas extensiones de software de bajo costo para estos dispositivos, como aplicaciones (Johnson, L., Adams Becker, S., Gago, D. Garcia, E., y Martín, S., 2013).

En la Guía Mobile Learning (Fundación Telefónica, s.f), se establece que para el desarrollo y aplicación del Aprendizaje Móvil se deben identificar nuevas formas en las que las tecnologías móviles pueden ser utilizadas para mejorar la calidad de la educación y transformar las prácticas convencionales. Estas tecnologías móviles comprenden el uso de teléfonos móviles, tabletas, dispositivos *mp3's*, *e-readers* y teléfonos inteligentes. De igual forma se exponen ciertos argumentos que confirman el aporte del Aprendizaje Móvil a la educación, a través del uso de nuevas tecnologías.

2.1 Aporte a la educación

Es por este auge en el manejo de las tecnologías que se han venido planteando cambios en la estructura del sistema de educación actual para el posible aprovechamiento de esta gama de herramientas en el ámbito educativo, buscando aumentar la calidad de aprendizaje en lugares donde es de acceso masivo, pero especialmente en sitios donde recibir una educación es un beneficio que pocos poseen.

Adicional a esto se busca con el Aprendizaje Móvil mejorar las condiciones de enseñanza superando los métodos tradicionales de esta, logrando que el alumno aprenda en cualquier lugar y en cualquier momento, haciendo uso de una variedad de TIC.

La UNESCO es una de las organizaciones internacionales que se encuentra liderando la investigación en materia de Aprendizaje Móvil, y según estudios realizados (Directrices para las políticas de aprendizaje móvil, 2013) el uso de dispositivos móviles en procesos de aprendizaje resulta altamente beneficioso tanto para los alumnos como para los docentes, esto se ha podido comprobar en los proyectos piloto que se llevan a cabo actualmente en diferentes partes del mundo, logrando aumentar los niveles de alfabetización y la motivación de los alumnos, haciendo que el proceso de aprendizaje se extienda fuera de las aulas de clase y se complemente con el uso de recursos tecnológicos (multimedia, redes sociales, aplicaciones, etc).

Según el grado de apoyo de tecnologías móviles en el sistema educativo en la Guía Mobile Learning (Fundación Telefónica, s.f), se identificaron 6 niveles citados a continuación:

- **Nivel 1:** El teléfono móvil es utilizado por el docente como apoyo al dictado de sus clases a través de material complementario, lecturas, ejercitaciones, videos, *podcasts*, etc.
- **Nivel 2:** El alumno aprende a través de la ejercitación con aplicaciones multimedia que le permiten profundizar y contrastar su nivel de conocimientos sobre unos contenidos determinados.
- **Nivel 3:** El alumno participa en el diseño y desarrollo de un proyecto y utiliza una gran variedad de herramientas TIC o Apps para la creación, publicación y divulgación a través de redes.
- **Nivel 4:** El alumno explora herramientas de trabajo para realizar actividades en grupo dentro del aula: Dropbox, calendarios y Google docs para compartir y

trabajar de forma colaborativa; Eduloc, Códigos QR y Realidad Aumentada para la geolocalización tanto en interiores como exteriores.

- **Nivel 5:** Los alumnos trabajarán en red con compañeros de otras escuelas utilizando tecnologías móviles y redes sociales
- **Nivel 6:** Los alumnos utilizan el teléfono móvil para aprender de manera informal en cualquier lugar y cualquier momento. No sólo en la escuela.

3. Dispositivos móviles

Dispositivo móvil es el nombre que se da a todos aquellos aparatos que son capaces de procesar información (tienen capacidad de procesamiento dependiendo del equipo), poseen un sistema operativo, logran realizar diferentes tareas a la vez, algunos pueden procesar, generar y almacenar información, se conectan a Internet vía inalámbrica, y principalmente trabajan mediante el uso de aplicaciones las cuales varían de acuerdo al sistema operativo del equipo, cada una de estas características varía según cada dispositivo al influir factores como: marca, costo, entre otros.

Dentro de los dispositivos móviles se encuentran: laptops (computadoras portables), tabletas, teléfonos celulares, teléfonos inteligentes, reproductores de audio, entre otros.

Por ser móviles generalmente su uso está asociado a una sola persona, y se pueden transportar fácilmente por su peso y tamaño. Actualmente por el auge referente a la creación de numerosas aplicaciones que logran realizar incontables acciones, la compra y uso de dispositivos móviles ha incrementado notablemente según estudios. (Fernández, J., 2006).

3.1 Incremento de su uso en los últimos años

Gartner, una empresa dedicada a la investigación y análisis de las tecnologías de la información, estableció que en el tercer trimestre del año 2013 se vendieron un total de 455,6 millones de teléfonos móviles lo cual representa un crecimiento del 5,7% respecto al 2012. (El País, 2014).

Este grupo que trabaja principalmente para las industrias de software, comunicaciones y tecnologías de la información predijo que para el año 2014 se venderían casi 2000 millones de móviles (en su mayoría teléfonos inteligentes lo cuales aumentarán un 54% en ventas en comparación al 2013), al igual que las ventas de ordenadores decrecería en un 7%, estimaron que Android crecería un 26% hasta alcanzar los 1900 millones de

aparatos en uso para ese año y que en tres años (2017) tendrá un 75% del mercado gracias a los países emergentes.

Según datos de IDC (International Data Corporation), otra empresa consultora destacada en estudios de mercado especializada en información tecnológica, las predicciones de Gartner cobran sentido pues en el tercer trimestre del 2014 se logró un nuevo record de ventas de teléfonos inteligentes con un crecimiento del 25,2% respecto al mismo período del año 2013. En el año 2013 la venta de teléfonos inteligentes superó los 1000 millones de unidades, record histórico en este mercado. (Cinco días, 2014).

El notorio incremento en la compra y uso de dispositivos móviles a nivel mundial viene de la mano con la caída de las ventas de dispositivos tradicionales tales como el teléfono celular básico y computadores de mesa (CPU).

4. Aplicaciones para móviles usadas en Ingeniería

El desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles es otra industria que se encuentra en ascenso (ligado al aumento histórico de uso de estos dispositivos). Existen aplicaciones para diferentes áreas tales como: ciencia, cultura, fotografías, idiomas, esparcimiento, entre otros, y la ingeniería no escapa del listado. Se han desarrollado numerosas aplicaciones relacionadas con la ingeniería las cuales facilitan y colaboran con la ejecución de diferentes cálculos.

Entre las aplicaciones para móviles más comunes que podrían ser útiles para un Ingeniero (EADIC, 2012) se encuentran:

- **Calculadora científica:** capaz de realizar múltiples operaciones matemáticas. Algunas de estas aplicaciones consisten en una calculadora programable capaces de graficar funciones.
- **Convertidor de unidades:** existen numerosas aplicaciones sobre conversión de unidades para diferentes magnitudes físicas (temperatura, fuerza, longitud, velocidad).
- **Niveles:** aplicaciones ideadas para saber el ángulo de inclinación de una superficie (perfiles, muros), sencillas de utilizar y aplicable cuando no se tienen las herramientas adecuadas a la mano.
- **Localización por coordenadas:** para conocer las coordenadas de algún sitio, genera información que puede ser compartida via SMS, MMS o correo electrónico.

- **Medición de distancias:** existen aplicaciones que son capaces de medir distancias recorridas a través de herramientas del dispositivo como el GPS y sensores.
- **Visor de documentos:** utilizados para luego de recibir diferentes documentos al correo electrónicos poder visualizarlos en el dispositivo móvil (útil para revisión de memorias, presupuestos, entre otros).

Específicamente en el área de Ingeniería civil existen aplicaciones como:

- **BeamDesign:** calcula las solicitaciones para vigas sometidas a diferentes tipos de carga y unidades de vinculación, y muestra los diagramas para cada una de ellas. Permite el análisis de vigas hiperestáticas.
- **Civil_Lite:** permite diseñar diferentes elementos estructurales, tales como diseño de vigas por flexión, losas, entre otros.
- **Concrete Beam Design:** permite realizar diseños de vigas de concreto armado de sección rectangular.
- **Beam Calculator:** diseñada para calcular las solicitaciones a las cuales se encuentra sometida una viga y mostrar los diagramas correspondientes.

Las aplicaciones nombradas (entre muchas otras) son útiles en el día a día del Ingeniero, debido a que no son tareas imposibles de realizar por otros métodos pero sí facilitan su ejecución en el caso de no tener las herramientas adecuadas en un momento dado.

5. Android Studio

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado IDE (*Integrated Development Environment*) oficial para desarrollo de aplicaciones de Android. Fue desarrollado por Google, y actualmente posee la plataforma Android 5.0 (Lollipop).

5.1 Generalidades

Android Studio trabaja con el lenguaje de programación Java, utiliza los componentes del SDK de Android necesarias para el desarrollo de las aplicaciones, y un emulador con variedad de dispositivos virtuales para probar las aplicaciones. Dicho emulador posee diferentes dispositivos virtuales de diferentes características, lo que permite al desarrollador observar la apariencia de su aplicación en diferentes dispositivos, siendo una ventaja debido a que a partir de ello es posible mejorar y/o modificar los contenedores gráficos colocados.

Android Studio trabaja con los denominados API level, los cuales se definen a continuación.

5.2 API Level

El API Level es un valor entero que especifica únicamente el marco (*framework*) API que ofrece una versión de la plataforma Android, con lo cual se condicionan las características del entorno y la actualización de las mismas. Cada API Level está soportado por una versión de la plataforma Android e implícitamente las versiones anteriores a esa, por lo que dicho parámetro condiciona los móviles que pueden instalar y utilizar dicha aplicación.

En la Tabla 1 mostrada a continuación se establece la distribución acumulativa en porcentaje de las versiones SDK de Android y la API Level que soportan, luego en el Gráfico 1 se muestra un gráfico de barras con dichos valores. La data mostrada en la siguiente tabla fue obtenida de la información oficial de Android Studio.

Tabla 1. Distribución de las versiones SDK de Android (Fuente: Android Studio)

Versión SDK		API Level	Distribución acumulativa (%)
5	Lollipop	21	0
4.4	KitKat	19	24,5
4.3	Jelly Bean	17	32,2
4.2	Jelly Bean	16	78,3
4.0	Ice Cream Sandwich	15	87,9
2.3	Gingerbread	10	99,3

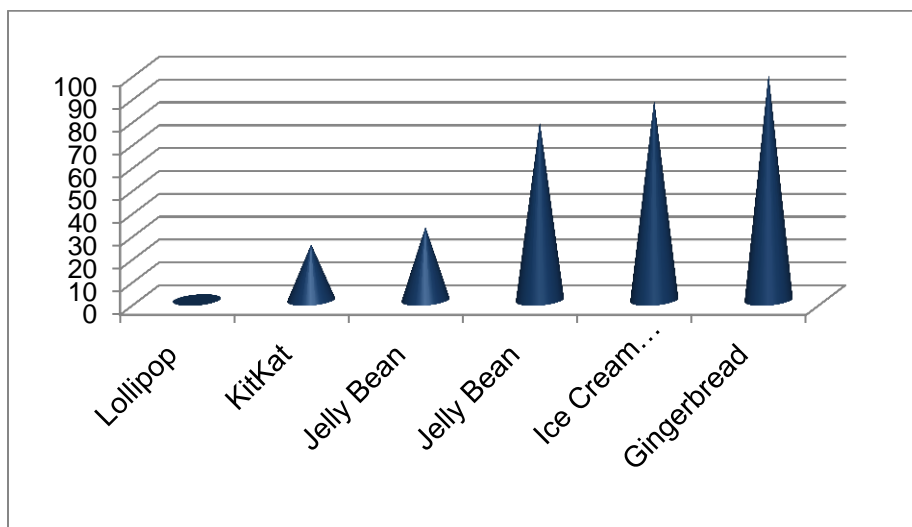


Gráfico 1. Distribución porcentual de las versiones SDK de Android

5.3 Tamaño pantalla

Android clasifica las pantallas según dos grandes propiedades: tamaño y densidad. A continuación las clasificaciones:

- Según tamaño: pequeña, normal, grande y extra grande.
- Según densidad: baja (ldpi), mediana (mdpi), alta (hdpi) y extra alta (xhdpi).

A continuación en la Figura 1 se muestra la clasificación de Android según tamaño y densidad de pantalla.

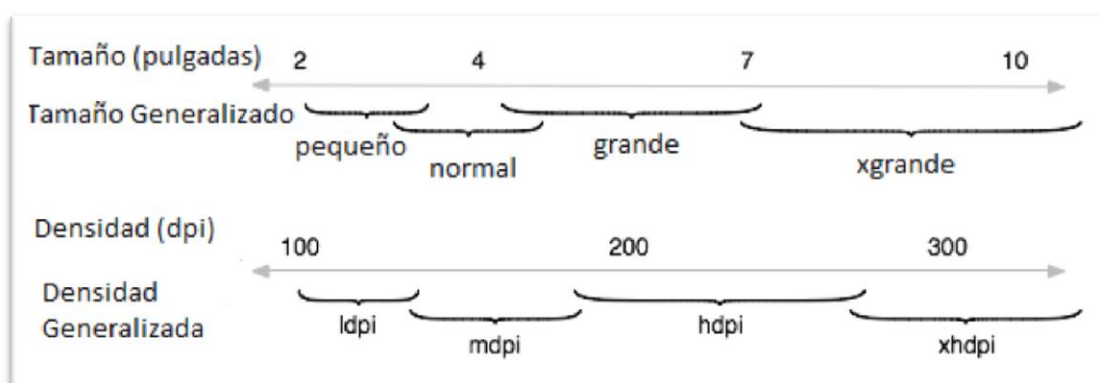


Figura 1. Clasificación según tamaño y densidad de pantalla (Fuente: Android Studio).

A continuación en la Tabla 2 se muestra la distribución en porcentaje de los dispositivos móviles de acuerdo al tamaño y densidad de pantalla, que se encuentran actualmente en uso. La tabla fue realizada con los datos oficiales de Android Studio (Android Studio, s.f), y dicha data fue obtenida durante un período de siete días el cual terminó el 1ro de junio de 2015. Más adelante en la Figura 2 se muestra un gráfico de dicha distribución.

Tabla 2. Distribución de dispositivos móviles de acuerdo al tamaño y densidad de pantalla

Clasificación	ldpi	mdpi	tvdpi	hdpi	xhdpi	xxhdpi	Total
Pequeño	4,1%						4,1%
Normal		7,6%	0,1%	39,9%	19,8%	15,9%	83,3%
Grande	0,4%	4,8%	2,2%	0,6%	0,6%		8,6%
XGrande		3,1%		0,3%	0,6%		4,0%
Total	4,5%	15,5%	2,3%	40,8%	21,0%	15,9%	

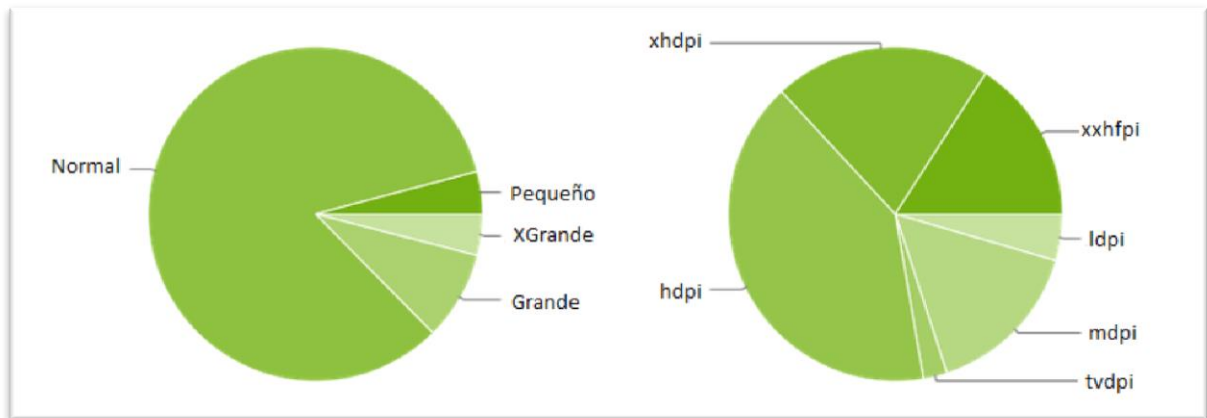


Figura 2. Distribución de dispositivos móviles de acuerdo al tamaño y densidad de pantalla (Fuente: Android Studio).

5.4 Lenguaje Java

Java es un lenguaje de programación, desarrollado por un grupo de ingenieros de Sun Microsystems en 1991 y comercializado a partir de 1995. Tuvo un gran auge en el mundo de la informática puesto que incorpora una gran cantidad de elementos propios del lenguaje, que en otros lenguajes de programación son extensiones propiedad de empresas (Brazáles, A., Calleja, J., García, J., García, J., et al., 2000).

El lenguaje Java se caracteriza por ser un lenguaje de programación orientado a objetos, en donde cada objeto pertenece a una clase la cual, a su vez, posee una serie de atributos y métodos aplicables a cada instancia (objeto) creada por dicha clase. Los atributos son las características que poseen los objetos de una determinada clase, y los métodos las acciones que puede llevar a cabo.

En Java existen una serie de tipos de variables y métodos, los cuales poseen una función específica. Dos de los métodos más utilizados son los *Sets* y *Gets* ya que con ellos se almacenan las variables y se obtienen, en el caso de necesitarla para la ejecución de alguno de los métodos.

Otros concepto relevante es el de herencia, lo cual ocurre cuando una clase deriva de otra, por lo cual obtiene los atributos y métodos de dicha clase, con la posibilidad de introducir nuevas capacidades o mejorar las ya existentes.

6. Método de Cramer

Es un método matemático utilizado para calcular las variables de un sistema de ecuaciones. Para su aplicación es necesario que el número de incógnitas sea igual al número de ecuaciones, escrito de forma matricial se tiene:

$$A * x = B$$

Se designa como A_i la matriz que resulta de sustituir la columna i de la matriz A por la matriz B de términos independientes, la obtención de resultados viene dado como (siempre y cuando $|A| \neq 0$):

$$x_i = \frac{|A_i|}{|A|} \text{ desde } i = 1 \text{ hasta } i = n$$

(Huerta, A., Sarrate, J. y Rodriguez, A., 1998).

(Palacios, F., 2008).

7. Método de Bisección

Es un método matemático basado en el Teorema del valor intermedio, el cual estipula que si una función f es continua en el intervalo $[a,b]$ y $f(a)*f(b)<0$ entonces la función toma todos los valores comprendidos en el intervalo, incluyendo el cero.

Basándose en lo anterior, el método de Bisección consiste en la evaluación de los extremos de un intervalo de la función en estudio, de forma tal que si la función pasa por cero se divide el intervalo a la mitad seleccionando el intervalo que tiene la raíz, por lo que se tiene:

Si $f(a) * f(b) < 0$:

$$p_i = \frac{a_i + b_i}{2}$$

Si $f(p_i) = 0, p = \text{raíz}$

Si $f(p_i) \neq 0, \text{entonces:}$

- a_{i+1} :

$$\begin{cases} a_i, \text{ si } f(a_i) * f(p_i) < 0 \\ p_i, \text{ si } f(a_i) * f(p_i) > 0 \end{cases}$$

- b_{i+1}

$$\begin{cases} b_i, \text{ si } f(b_i) * f(p_i) < 0 \\ p_i, \text{ si } f(b_i) * f(p_i) > 0 \end{cases}$$

Donde:

$$a_o = a;$$

$$b_o = b;$$

(Huerta, A., Sarrate, J. y Rodriguez, A., 1998).

(Palacios, F., 2009)

8. Introducción de métodos usados en Resistencia de Materiales para el cálculo de deformaciones en vigas

8.1 Hipótesis de estudio de vigas

En el estudio de las deformaciones en vigas resulta imprescindible conocer las hipótesis de estudio de dicho elemento, las cuales se definen a continuación (Timoshenko, 1976).

- Material homogéneo, isotrópico y continuo.
- Sección transversal con un eje de simetría (En este caso de estudio el eje Y)
- La flexión ocurre en el eje perpendicular al eje de simetría (En este caso de estudio dicho eje será el eje Z)
- Deformaciones en el rango elástico lineal (Ley de Hooke)
- Se cumple el principio de Navier-Stock
- Las cargas aplicadas van en dirección del eje vertical

De igual manera es importante mencionar que para este caso de estudio el eje Z es perpendicular a los ejes X y Y, y es respecto a dicho eje que se calcula la inercia de la sección (I_z). A continuación en la Figura 3 se muestra la configuración de ejes del elemento en estudio.

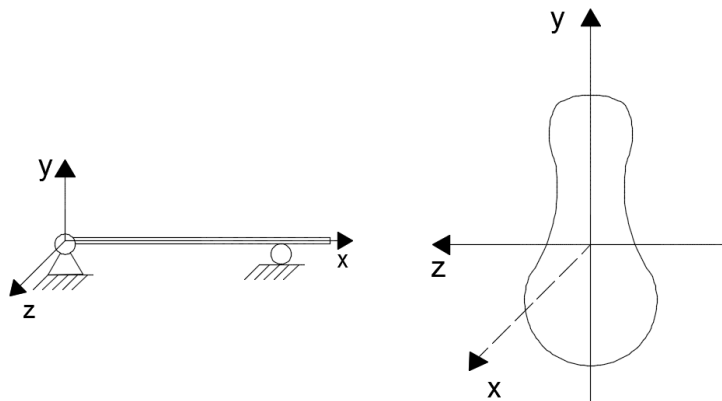


Figura 3. Configuración de ejes del elemento en estudio

8.2 Deformaciones en vigas

Las vigas son elementos estructurales generalmente sometidos a la acción de cargas transversales, cuyo plano de acción pasa por el eje de la barra. Cuando actúa este tipo de carga la barra se deforma debido a las solicitaciones de flexión y fuerza cortante. Las vigas al empotrarse a las columnas forman uniones rígidas comúnmente denominadas pórticos, los cuales representan uno de los sistemas estructurales más utilizados en las estructuras modernas, esto se debe en gran parte a su eficiencia estructural y a la flexibilidad que propician con respecto al uso del espacio encerrado (Meli, R., 2001).

Al aplicarle cargas a cualquier sistema estructural éste sufre cambios en sus dimensiones y disposiciones iniciales, presentando deformaciones considerables en ciertos casos, por lo que es prudente evaluar para cada caso particular el sistema estructural que mejor se adapte según las cargas aplicadas, el tipo de suelo, ubicación geográfica de la obra, entre otros.

Este comportamiento ocurre en las vigas, las cuales pueden deformarse hasta fallar, comprometiendo la estabilidad del sistema estructural al cual pertenecen. Sin embargo, antes de generarse la falla las vigas sufren deformaciones pequeñas generando una curva deformada denominada elástica, la cual suele denotarse como $Y(x)$. Los ángulos de rotación de dicha curva elástica también son muy pequeños y suelen denominarse pendiente de la curva elástica, $\alpha(x)$.

Se puede estudiar entonces, mediante diferentes métodos y/o teoremas la ecuación de dicha curva para vigas prismáticas, con el fin de obtener los valores máximos y mínimos de deformación del elemento, y las distancias respecto al eje de coordenadas fijado en donde se presenten dichas situaciones. A continuación en la Figura 4 se muestra la curva elástica de una viga con condición de empotramiento al inicio, sometida a una carga linealmente distribuida a lo largo de todo el elemento. En el caso de dicha figura sólo existe flecha máxima negativa y se denomina $Y_{m\acute{a}x}$, al igual que el ángulo de rotación máxima se denomina $\theta_{m\acute{a}x}$.

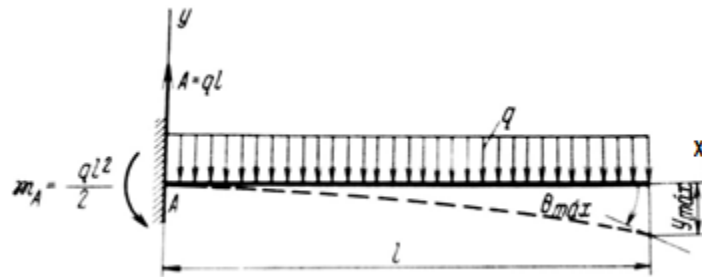


Figura 4. Curva elástica (Fuente: Stiopin, 1979)

Resulta importante mencionar, que tanto los valores de la flecha como de los ángulos de rotación son muy pequeños por lo que los mismos se indican notablemente exagerados en los gráficos para poder apreciar los valores obtenidos (Stiopin, 1979).

8.2.1 Condiciones de borde

Las vigas pueden estar incorporadas al sistema estructural de diferentes maneras, lo cual dependerá de la configuración particular del sistema según numerosas variables (arquitectura, condición sismorresistente, tipo de edificación, entre otros).

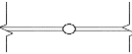
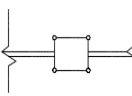
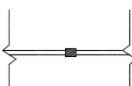
Según el tipo de vínculos asociados a la viga se generan las condiciones de borde, las cuales están condicionadas a las restricciones particulares que tenga la viga en sus diferentes apoyos.

A continuación se definen las unidades de vinculación externas e internas más usadas en Resistencia de Materiales y las condiciones de borde que estas generan en las tablas 3 y 4, respectivamente. Dichas unidades de vinculación se clasifican de acuerdo a los grados de restricción que introducen en el sistema, siendo las de primer grado aquellas que restringen un grado de libertad del elemento, y así sucesivamente.

Tabla 3 Unidades de vinculación externas y condiciones de borde que generan.

Vínculos externos				
Grado Vínculo	Nombre	Restricciones	Condiciones de borde	Imagen
Primer grado	Rodillo o articulación móvil	Restringe 1 grado de libertad: el desplazamiento en el plano perpendicular a la articulación. Permite la rotación del elemento respecto al sistema.	$Y(x) = 0.$	
Segundo grado	Articulación fija	Restringe 2 grados de libertad: el desplazamiento del elemento respecto al sistema. Sólo permite la rotación del extremo de la viga	$Y(x) = 0$ $\delta^H(x) = 0$	
Segundo grado	Empotramiento móvil	Restringe 2 grados de libertad: el desplazamiento horizontal del elemento y la rotación del mismo respecto a tierra. Permite el desplazamiento en dirección perpendicular a la dirección de restricción que produce el vínculo.	$\alpha(x) = 0$ $\delta^H(x) = 0$	
Tercer grado	Empotramiento fijo	Restringe 3 grados de libertad: el apoyo no permite desplazamientos lineales ni angulares de la sección de apoyo.	$\alpha(x) = 0$ $Y(x) = 0$ $\delta^H(x) = 0$	

Tabla 4. Unidades de vinculación internas y condiciones de borde que generan.

Vínculos internos				
Grado Vínculo	Nombre	Restricciones	Condiciones de borde	Imagen
Segundo grado	Rótula o articulación	Restringe 2 grados de libertad: los desplazamientos relativos al sistema. Permite la rotación relativa entre chapas.	$Y(x)_{izq} = Y(x)_{der}$ $\alpha(x)_{izq} \neq \alpha(x)_{der}$	
Segundo grado	Par de bielas paralelas	Restringe 2 grados de libertad: la rotación relativa entre chapas y el desplazamiento en la dirección al de las bielas. Permite el corrimiento en dirección perpendicular al eje de las bielas.	$Y(x)_{izq} \neq Y(x)_{der}$ $\alpha(x)_{izq} = \alpha(x)_{der}$	
Tercer grado	Empotramiento fijo	Restringe 3 grados de libertad: todo desplazamiento en el plano y la rotación relativa entre chapas.	$Y(x)_{izq} = Y(x)_{der}$ $\alpha(x)_{izq} = \alpha(x)_{der}$	

(Rodríguez, 2003)

Nota: Es importante mencionar que para el sistema estudiado no son consideradas las cargas aplicadas en dirección horizontal, por lo que no existen los desplazamientos en sentido axial del elemento.

8.2.2 Discontinuidad

8.2.2.1 Discontinuidad en la ecuación de momento.

Se refiere a la variación de las funciones matemáticas del diagrama de momentos, las cuales se originan por la aplicación de diferentes cargas a lo largo de la viga. Generando discontinuidades en dicho diagrama.

8.2.2.2 Discontinuidad estructural.

Se habla de discontinuidad estructural cuando en el mismo elemento existen unidades de vinculación internas que condicionan el comportamiento de la viga al aplicarse las cargas. Dichas vinculaciones fueron mencionadas en el apartado anterior 8.2.1

8.3 Ecuación diferencial de la elástica

La ecuación diferencial de la elástica (1) que se presenta a continuación, puede ser estudiada mediante diferentes métodos, con el fin de predecir los valores que adopta

dicha curva y así poder representarla gráficamente. En ella se relaciona la curvatura de una superficie neutra con el momento flector de una viga sometida a flexión.

$$\frac{1}{\rho} = \frac{Mz(x)}{EI_Z} \quad (1)$$

Donde:

ρ : radio de curvatura [L]

$Mz(x)$: momento flector [F-L]

E: módulo de elasticidad del material [F/L²]

I_Z : momento de inercia de la sección transversal de la viga [L⁴]

También se conoce:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}} \quad (2)$$

En el término del denominador de la ecuación (2) la primera derivada de la función es muy pequeña, por consiguiente al elevarla al cuadrado y sumarle uno tiende a uno, por lo que se puede despreciar (Timoshenko, 1976), entonces:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{Mz(x)}{EI_Z} \quad (3)$$

Se obtiene la ecuación diferencial de segundo orden lineal (3) la cual representa la deformación de la viga y su comportamiento.

8.4 Métodos utilizados para el cálculo de la elástica

8.4.1 Método de la doble integración

El método consiste en integrar la ecuación diferencial de la elástica, obteniendo en cada integración una constante que tendrá un valor sujeto a las condiciones de borde del sistema,

$$\frac{dy}{dx} = \int \frac{Mz(x)}{EI_Z} \cdot dx + C_1 \quad (4)$$

Las variaciones de las deflexiones son muy pequeñas por lo que se puede asumir:

$$\frac{dy}{dx} = \tan(\alpha) \approx \alpha \quad (5)$$

$$\alpha(x) = \int \frac{Mz(x)}{EI_Z} \cdot dx + C_1 ; \quad (6)$$

$$Y(x) = \iint \left[\frac{Mz(x)}{EI_Z} \cdot dx + C_1 \right] dx + C_2 \quad (7)$$

Al integrar una vez la ecuación (3) se obtiene la ecuación (6) que corresponde a la ecuación de las deformaciones de la viga, y al integrar por segunda vez dicha ecuación se obtiene la ecuación de la elástica (7), evaluable en cualquier punto del elemento obteniendo directamente los valores.

Mediante este método se genera una ecuación de momento para cada tramo discontinuo de la viga, que luego se procede a integrar dos veces, es decir si se tienen n tramos de viga a evaluar se tendrán n Ecuaciones de Momento a integrar (Stiopin, 1979).

8.4.2 Teoremas de Mohr

También conocido como el método de Superposición o Área-Momento pues se basa en la obtención de las áreas de los diagramas de momento flector mediante dos teoremas propuestos por el científico alemán O. Mohr. Un método análogo fue desarrollado independientemente de Mohr por el profesor C. E. Green, de la Universidad de Michigan en 1874.

Las expresiones utilizadas para la aplicación del método se definen a continuación en las ecuaciones (8) y (9).

$$\alpha_A - \alpha_B = \int_A^B \frac{M_Z(x)}{EI_Z} dx \quad (8)$$

$$Y_B = Y_A + \alpha_A L_{AB} + \bar{\mu} \int_A^B \frac{M_Z(x)}{EI_Z} dx \quad (9)$$

Donde:

μ : La distancia a la cual se encuentra el centroide de la figura del diagrama de momento, medida desde el extremos derecho del mismo.

“A” siempre está a la derecha de “B”.

(Timoshenko, 1976).

8.5 Método Macaulay-Clebsch

El Método Macaulay-Clebsch es uno de los métodos utilizados en análisis estructural para calcular la deformación y elástica de una viga. Macaulay fue quien creó el método el cual luego fue estudiado y desarrollado por Clebsch, el cual llevó el método a lo que se conoce hoy en día.

8.5.1 Fundamentos teóricos

Este método se fundamenta en la doble integración de la ecuación de la elástica (1) de una viga pero aplicando una técnica particular que permite evaluar funciones de discontinuidad. Se fundamenta en los trabajos de los matemáticos Macaulay y Clebsch.

Este método resulta aplicable para vigas con cualquier tipo de apoyo, y sometidas a cualquier tipo de cargas externas (puntual, distribuida y momentos aplicados). Adicional a esto, al integrar dos veces la ecuación se generan dos constantes de integración, las cuales al igual que en el método de la doble integración dependerán del tipo de apoyo de la viga, y la ecuación se resuelve al estudiar las condiciones de borde. A continuación en la Figura 5 se muestra un esquema de la función $Y(x)$ la cual se denominará como función de discontinuidad y dependerá, como se mencionó antes, de las condiciones y características de la viga en estudio.

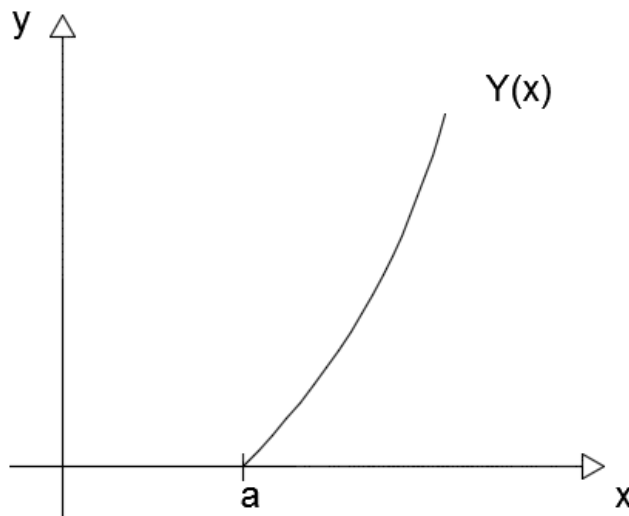


Figura 5. Función de discontinuidad

Se conoce que la función en estudio es de tipo:

$$Y(x) = f(x) = \langle x - a \rangle^n \quad (10)$$

Donde:

Si $x \leq a$ entonces $Y(x) = 0$

Si $x > a$ entonces $Y(x) = (x-a)^n$

8.5.2 Aplicación del método

Como se comentó en el apartado anterior, el método funciona principalmente para evaluar funciones de discontinuidad en n tramos que pudiera presentar la viga.

A continuación en la Figura 6 se representa una configuración particular la cual consiste en un elemento estructural sometido a fuerzas de flexión y corte, con condición de apoyo: empotrada en voladizo, sometida a una carga puntual P_1 y una carga linealmente distribuida q . Esta configuración está basada en una obtenida de la literatura.

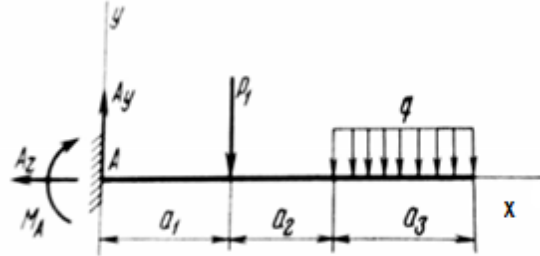


Figura 6. Configuración particular (Fuente: Stioopin, 1979)

Al evaluar la viga mostrada en la Figura 6 mediante el método Macaulay-Clebsch, se genera una ecuación de momento de tipo:

$$M_Z(x) = M_A + A_y x - P_1 \langle x - a_1 \rangle - \frac{q}{2} \langle x - (a_1 + a_2) \rangle^2 \quad (11)$$

Siendo:

$$\langle x - a_1 \rangle = 0 \quad \text{Si } x < a_1$$

$$\langle x - a_1 \rangle \neq 0 \quad \text{Si } x > a_1$$

$$\langle x - (a_1 + a_2) \rangle = 0 \quad \text{Si } x < (a_1 + a_2)$$

$$\langle x - (a_1 + a_2) \rangle \neq 0 \quad \text{Si } x > (a_1 + a_2)$$

Al integrar la ecuación (11) una vez se obtiene la ecuación de deformación del sistema (12), y al integrar dos veces se obtiene la de la elástica (13):

$$\alpha(x)EI = M_A x + \frac{A_y x^2}{2} - \frac{P_1 \langle x - a_1 \rangle^2}{2} - \frac{q}{6} \langle x - (a_1 + a_2) \rangle^3 + C_1 \quad (12)$$

$$Y(x)EI = \frac{M_A x^2}{2} + \frac{A_y x^3}{6} - \frac{P_1 \langle x - a_1 \rangle^3}{6} - \frac{q}{24} \langle x - (a_1 + a_2) \rangle^4 + C_1 x + C_2 \quad (13)$$

Las variables de integración obtenidas se deben calcular a través de la evaluación de las condiciones de borde en ambas ecuaciones, obteniendo las ecuaciones finales de cálculo de deformación y de la elástica del elemento.

8.5.3 Ventajas de su uso sobre otros métodos

El Método de Clebsch resulta ventajoso cuando se deben estudiar vigas con condición de discontinuidad en el diagrama de momento, debido a que la ecuación generada es única para el sistema y aplicable para cualquiera de los tramos de la viga en estudio.

La particularidad del método consiste entonces en la inclusión de términos según el tramo de la viga estudiado a partir del uso de los corchetes angulares.

CAPÍTULO III: MÉTODO

El método utilizado para el diseño de una aplicación para dispositivos móviles basada en el método de Clebsch contempló un estudio de variables teóricas y procedimientos que luego fueron aplicados al desarrollo de una herramienta de cálculo según una metodología basada en prototipo; en consecuencia se trata de un proyecto factible el cual "(...) consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, (...)" (Normas UPEL, 2003).

1. Recopilación bibliográfica

Para todo trabajo de investigación la recopilación de información resulta imprescindible, puesto que debe estar bien documentado con el fin de generar información útil y veraz.

Esta etapa se llevó a cabo utilizando diferentes fuentes bibliográficas. Entre los libros consultados se encuentran: Resistencia de Materiales (Stiopin, 1976), Resistencia de Materiales (Timoshenko, 1979) e Introducción a la Mecánica de Sólidos (Popov, 1983).

Principalmente la consulta de dicha bibliografía se hizo con el fin de profundizar los fundamentos teóricos necesarios para la aplicación y comprensión del Método de Clebsch, así como información concerniente al tema a desarrollar.

Esta etapa se fue ejecutando desde el comienzo del trabajo y a medida que se fue desarrollando el mismo.

2. Definición de variables y atributos para la aplicación del Método de Clebsch.

Para la aplicación de cualquier modelo matemático se deben definir las variables que intervienen en dicho modelo, para proceder a la resolución del problema particular. En este caso es necesario definir aquellas variables involucradas y que intervienen en la aplicación del Método de Clebsch. Por consiguiente se definen las variables relacionadas al elemento en estudio, en este caso vigas, y las variables relacionadas al método.

1. Variables del elemento: se definen al establecer el elemento que se estudiará. En este caso vigas, y se dividen en:

1.1 Hipótesis de diseño: tipo de material (homogéneo, isotrópico y continuo), rango elástico lineal, deformaciones pequeñas.

1.2 Propiedades mecánicas de la sección transversal: inercia (con respecto al eje perpendicular de la sección, en este caso el eje Z), módulo de elasticidad, rigidez a flexión

1.3 Unidades de vinculación (Condiciones de borde): el tipo de vínculo y condición que introduce en el sistema (ver Tabla 3).

1.4 Cargas externas aplicadas: las diferentes cargas a las cuales podría estar sometido el sistema.

2. Variables relacionadas al Método de Clebsch: son únicas para el método

2.1 Discontinuidades en el elemento: las cuales definen los intervalos a estudiar (ver apartado de Marco Teórico 8.2.2 Discontinuidad),

2.2 Estática del elemento: según la configuración del sistema se generan reacciones internas y externas.

2.3 Constantes de integración: son únicas en todos los tramos en estudio.

2.4 Flecha máxima: positiva y/o negativa, caracterizan al sistema.

3. Aprendizaje del lenguaje de programación

Para llevar a cabo esta etapa se fijó una sesión semanal de trabajo con la Prof. Vanessa Duarte, la cual se realizó en la sede del Instituto Nacional de Bioingeniería, esto con el fin de conocer y trabajar con la herramienta y desarrollar la aplicación para dispositivos móviles.

En primera instancia se evaluaron los lenguajes de programación existentes disponibles para ejecutar tal acción y se tomó la decisión de trabajar con el lenguaje Java, debido a su amplio uso en desarrollo de aplicaciones para Android. Seguido a esto se procedió a estudiar las particularidades y procedimientos del lenguaje con el fin de conocer la estructura de funcionamiento del mismo.

Este proceso se llevó a cabo durante todo el período de ejecución del Trabajo Especial de Grado.

4. Aplicación del lenguaje al desarrollo de una herramienta de cálculo de deformaciones en vigas

Para diseñar la herramienta resultó necesario aplicar una serie de conocimientos teóricos y prácticos adquiridos mediante el estudio del lenguaje de programación Java, y del programa a utilizar para el desarrollo de la aplicación. También resultó necesaria la aplicación de los conocimientos referentes al Método de Clebsch y de Resistencia de Materiales.

En esta etapa, para la creación de la herramienta se aplicó la Metodología basada en prototipo, expuesta en el Capítulo IV.

5. Presentación de una aplicación para dispositivos móviles diseñada para el cálculo de la curva elástica de elementos sometidos a flexión a través del Método de Clebsch.

Al haber realizado los pasos anteriores se tiene como resultado la obtención de una aplicación para dispositivos móviles por medio de la cual será posible estudiar la elástica de una viga mediante el estudio de su deformación.

CAPÍTULO IV: ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO

Metodología de Elaboración de prototipo

Para la construcción de la herramienta se implementó una metodología basada en prototipo. A continuación en la Figura 7 se muestra el funcionamiento de dicha metodología.

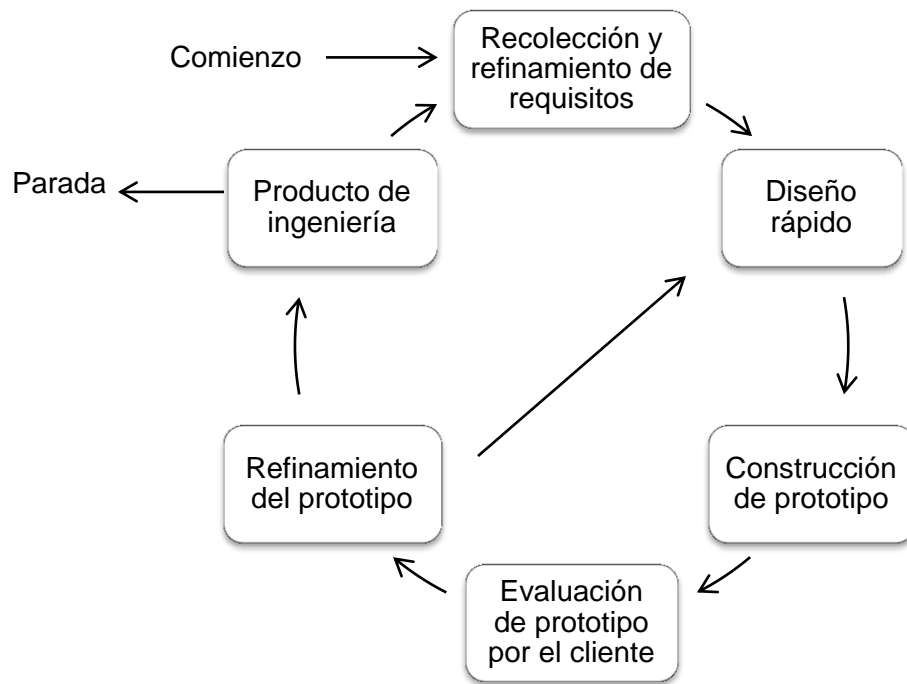


Figura 7. Metodología basada en prototipo

1. Recolección y refinamiento de requisitos

En esta primera etapa se obtiene toda la información referente al método en estudio, con el fin de conocer todas las variables y procedimientos involucrados, y se realiza un estudio del sistema actual. Para ello, principalmente se debe consultar diferentes fuentes bibliográficas. En el estudio del sistema actual también se realiza la matriz FODA del mismo (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), con el fin de determinar la factibilidad de la creación del prototipo. De igual forma se define el alcance que tendrá el prototipo propuesto y los resultados que se desean generar, para esto resulta imprescindible manejar el método a programar. De igual forma se determina el programa o software a utilizar para la construcción del prototipo y se obtienen los conocimientos referentes al manejo de dicho programa.

2. Diseño rápido

Para llevar a cabo esta etapa se establece el número de pantallas y contenido de cada una de ellas que se considere según los requisitos definidos en la etapa anterior, luego se elaboran los diagramas de casos de usos UML para cada proceso a ejecutar. Al definir estos dos aspectos se diseña el funcionamiento general de cada pantalla.

Como su nombre lo indica es un diseño rápido de los elementos que conforman al prototipo, por lo que está sujeto a cambios y modificaciones si no se está conforme con lo estipulado en dicho diseño inicial. De igual forma es importante estudiar prototipos similares que hayan sido creados, con el fin de conocer y evaluar diferentes diseños con el fin de comparar su funcionalidad.

3. Construcción de prototipo

En esta etapa se procede a crear el prototipo utilizando el programa seleccionado para tal fin, basándose en el diseño elaborado anteriormente. En la construcción del prototipo se debe ser riguroso en cada una de las etapas que conforman dicho proceso, ya que de esa forma se garantiza la calidad del producto creado, asimismo se recomienda proceder de manera organizada.

Finalmente, resulta importante trabajar con base a la funcionalidad y eficiencia del prototipo.

4. Evaluación de prototipo por el cliente

Se evaluará la herramienta propuesta en cuanto a funcionamiento, precisión, diseño, entre otros aspectos. La finalidad de dicha evaluación es generar comentarios y sugerencias, con el fin de optimizar el diseño propuesto.

5. Refinamiento del prototipo

Luego de evaluar la herramienta, se implementan las correcciones y cambios sugeridos al modelo, mejorando el diseño original. Esta etapa puede llevar a un rediseño rápido del prototipo (ver Figura 7), en caso contrario se continúa a la siguiente etapa.

6. Producto de ingeniería

Se obtiene el producto final, siendo en este caso la aplicación para dispositivos móviles para el cálculo de elástica en vigas, pudiendo volver a la primera etapa con el fin de reconsiderar algunos aspectos del modelo o finalizar el proceso de construcción del prototipo.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados obtenidos según cada etapa de la metodología basada en prototipo, implementada para la construcción de la aplicación.

Recolección y refinamiento de requisitos

En esta primera etapa se establecieron los procedimientos a realizar para calcular las deformaciones en vigas según el Método de Clebsch, para esto resultó imprescindible el estudio del sistema actual el cual se hizo según la etapa de recopilación bibliográfica.

También fue necesario realizar la matriz FODA de dicho sistema actual, con el fin de comprobar la factibilidad de la construcción de la aplicación, esto también se hizo mediante la recopilación de información en las diferentes fuentes bibliográficas consultadas.

De igual forma se establecieron ciertos requisitos con respecto a la aplicación a crear, la cual debe resultar amigable e intuitiva, de fácil entendimiento y precisa. A continuación se muestra el estudio del sistema actual.

Estudio del sistema actual

Para el desarrollo del prototipo era imprescindible conocer el proceso de aplicación del Método de Clebsch, para lo cual se delimitó el procedimiento a seguir actualmente, basándose en los fundamentos teóricos del método.

En esta etapa es importante definir las figuras de usuario y herramienta de cálculo, ya que son los que intervienen en el proceso de resolución del problema, según sea el caso. El usuario es la persona que desea resolver el problema, y la herramienta de cálculo es el programa a diseñar para tal fin.

A continuación se definen los pasos a seguir según el sistema actual para la resolución de problemas, en donde todos los procesos son ejecutados por el usuario manualmente. Cabe destacar que en dicho sistema el usuario debe poseer total dominio de los conocimientos teórico-práctico, específicamente con el Método de Clebsch como es de suponer.

1. El primer paso al plantearse un problema, es analizar el elemento y las condiciones a las cuales se encuentra sometido, (lo cual define en este caso las discontinuidades del sistema); el usuario establece las condiciones de borde del sistema según las unidades de vinculación presentes.
2. Se inicia el estudio de la estática al definir las reacciones presentes en la viga y se procede a calcularlas mediante sumatorias de fuerzas. Por ser un problema isostático

esto se lleva a cabo mediante las dos ecuaciones fundamentales de la estática ($\Sigma F_v=0$ y $\Sigma M=0$)

3. Una vez conocidas todas las fuerzas externas e internas que actúan sobre la viga, el usuario procede a representar gráficamente los diagramas de fuerzas de corte y momento flector.

4. Luego debe establecer la ecuación de momento de dicha viga utilizando el Método de Clebsch (inclusión de términos según el tramo en estudio) mediante una sumatoria de fuerzas en toda la extensión del elemento.

5. Una vez obtenida la ecuación $M_z(x)$ el usuario debe integrar dos veces dicha ecuación, generando las ecuaciones de la pendiente de la elástica o ángulo de rotación $\alpha(x)EI_z$ y elástica $Y(x)EI_z$ respectivamente, y dos constantes de integración $C1$ y $C2$.

6. El usuario debe calcular el valor de las constantes de integración, al evaluar las condiciones de borde en las ecuaciones de la pendiente de la elástica y/o elástica según sea el caso.

7. Una vez obtenidas las ecuaciones correspondientes el usuario debe evaluar para cada tramo los valores de la pendiente de la elástica (α) y Elástica (Y) (incluyendo el estudio de valores mínimos y máximos), obteniendo en esta etapa el pleno comportamiento del sistema.

8. Finalmente el usuario grafica los diagramas correspondientes para la configuración estudiada, esto con el fin de obtener una representación gráfica que facilite el entendimiento y significado de los valores obtenidos.

El sistema actual de aplicación del método se muestra a continuación en el diagrama de flujo de la Figura 8.

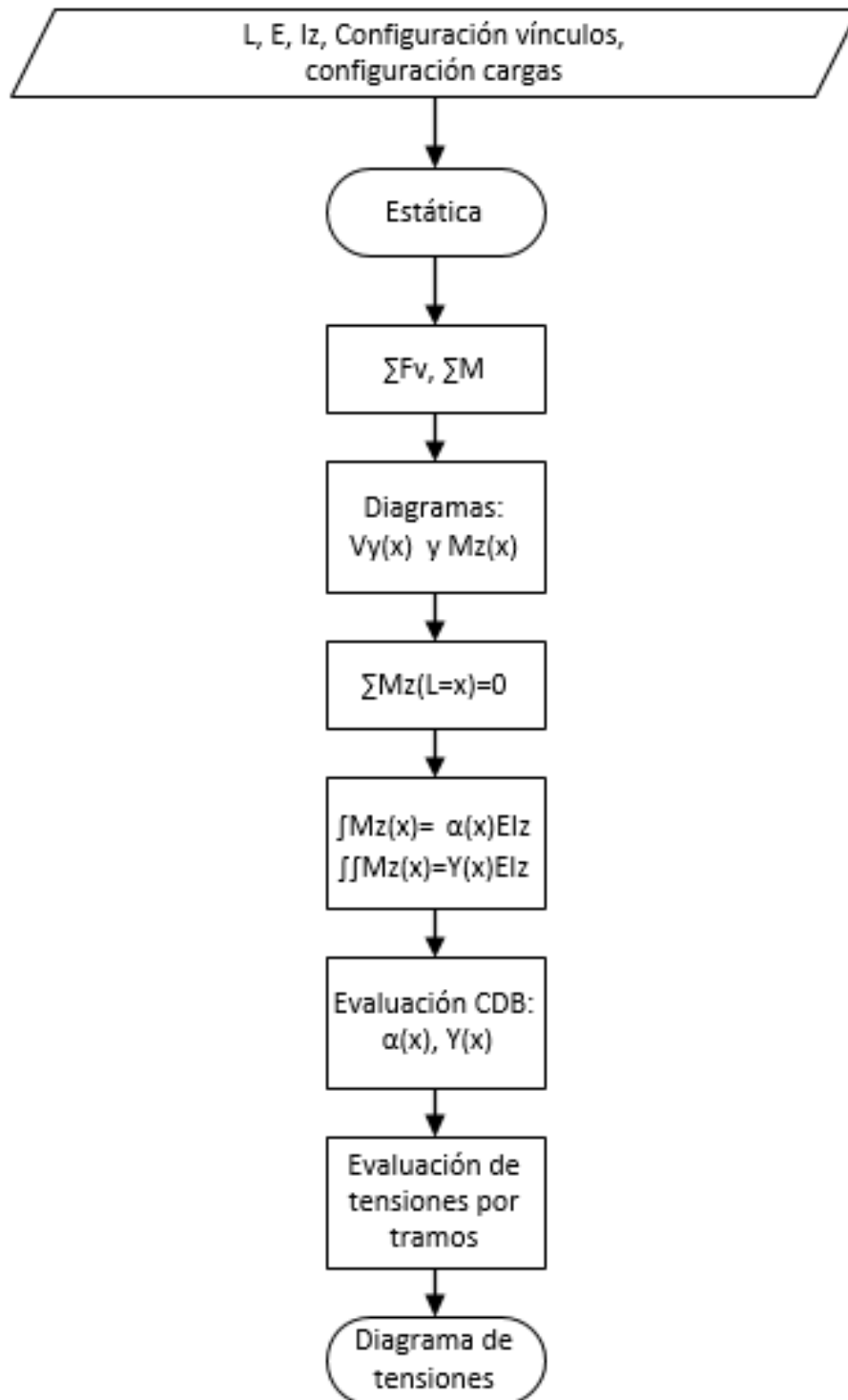


Figura 8. Diagrama de flujo del sistema actual

Donde:

L: Longitud de la viga [m]

E: Módulo de elasticidad del material [Kgf/cm²]

Iz: Inercia de la sección [cm⁴]

Fv: Fuerzas verticales [T]

M: Momentos [T-m]

Vy: Fuerzas de corte [T]

Mz: Momento flector [T-m]

$\alpha(x)$: Pendiente de la elástica [adimensional]

Y(x): elástica [m]

A continuación en la Tabla 5 se presenta el análisis de la matriz FODA del sistema actual.

Tabla 5. Matriz FODA del sistema actual.

MATRIZ FODA	
Fortalezas (F)	Oportunidades (O)
<ul style="list-style-type: none">- Por ser un cálculo analítico es exacto- Es un método reproducible, con lo cual se puede convertir en algoritmo y programarlo- Sólo requiere del estudio de discontinuidades del elemento para su aplicación	<ul style="list-style-type: none">- Posibilidad de automatizar y optimizar el proceso de resolución del problema- Disminuir la posibilidad de cometer errores en el análisis- Disminuir el tiempo de resolución de un problema
Debilidades (D)	Amenazas (A)
<ul style="list-style-type: none">- La resolución del problema manualmente puede significar altos tiempos de ejecución- Es recomendable la utilización de una calculadora para la resolución del problema	<ul style="list-style-type: none">- Posibilidad de cometer errores en el cálculo

Según lo establecido a través del estudio de la matriz FODA del sistema actual, resulta factible la construcción del prototipo, en este caso la aplicación para el cálculo de deformaciones en vigas. A continuación se definen los alcances del prototipo a construir.

Alcances del prototipo

El prototipo propuesto debe permitir el estudio de la elástica de vigas según el método de Clebsch, para ello debe:

- Permitir el estudio de diferentes configuraciones de vigas isostáticas, sometidas a cargas externas.
- Calcular y mostrar las reacciones internas del sistema.
- Calcular y mostrar las constantes de integración de las ecuaciones que surgen al obtener las ecuaciones de la pendiente de la elástica y la elástica, $\alpha(x)$ y $Y(x)$ respectivamente.
- Calcular y mostrar los valores de momento, pendiente de la elástica y elástica para los diferentes tramos del elemento.

Programa a utilizar

Para la construcción del prototipo se escogió el programa Android Studio (ver apartado 5 del Marco Teórico) por el amplio uso que tiene actualmente, pero sobre todo por las facilidades que ofrece para desarrollar aplicaciones para dispositivos móviles. Al utilizar Android Studio automáticamente se estableció el lenguaje de programación Java como el lenguaje de desarrollo de la aplicación.

Durante esta primera etapa se obtuvieron los conocimientos referentes al manejo de dicho programa mediante el uso de diferentes fuentes bibliográficas.

2. Diseño rápido

En esta etapa se definieron el número de pantallas de la aplicación, y el contenido principal de cada una de ellas. Se estableció que la aplicación debía tener las siguientes interfaces:

- ***Pantalla principal:*** donde se pudiera definir las propiedades de la sección, tales como la longitud de la viga a estudiar y ciertas características del material, de igual forma mostrar información acerca de sistema de referencia, con el fin de que el usuario introduzca los datos de manera correcta.
- ***Pantalla de unidades de vinculación:*** donde se introduzca todo lo relacionado a los vínculos del sistema.
- ***Pantalla de cargas:*** donde se introduzca todo lo relacionado a las cargas externas aplicadas en el sistema.

- **Pantalla de resultados:** donde se visualicen los resultados de los cálculos realizados, principalmente los valores de la pendiente de la elástica y la elástica del elemento en estudio.
- **Pantalla de diagramas:** donde se visualicen los diagramas correspondientes.

Una vez definido el número de pantallas y su contenido general, se realizaron los diagramas UML de casos de uso de cada una de ellas. En este caso resultó importante definir cuáles datos serían introducidos por el usuario y según eso, cómo disponer cada contenedor gráfico en las pantallas.

3. Construcción de prototipo

Como se mencionó antes, la construcción del prototipo se hizo utilizando el programa Android Studio. En esta etapa se fueron creando las interfaces según el diseño rápido establecido en la etapa anterior.

A medida que se crearon las interfaces se implementó el código para validar cada uno de los datos a ser introducidos por pantalla. Durante esta etapa se consultaron diferentes fuentes con el fin de visualizar ejemplos de interfaces con diferentes contenedores gráficos y adaptarlo a lo que en este caso se deseaba mostrar en las pantallas.

4. Evaluación de prototipo por el cliente

Se llevaron a cabo una serie de reuniones con el cliente en donde se utilizaba la aplicación y se realizaban comentarios, sugerencias y correcciones al mismo. Dichos comentarios se basaban en el comportamiento o funcionalidad del programa, así como también en el diseño y apariencia de los elementos que lo conforman.

Esta etapa se llevó a cabo en diferentes oportunidades, con el fin de evaluar cada nuevo elemento incorporado al sistema, discutiendo cada una de las acciones que lleva a cabo la herramienta.

5. Refinamiento del prototipo

Una vez realizadas las reuniones con el cliente se procedía a ejecutar los cambios en el prototipo, logrando incorporar nuevas funciones o elementos al sistema propuesto inicialmente. Para lograr esto se debía trabajar directamente con el programa Android Studio, estudiando las opciones que ofrecía dicho programa para incorporar cada una de las correcciones, y seleccionar la que mejor se adaptaba al modelo en construcción. Al igual que en la etapa 3 se consultaban diferentes fuentes con múltiples ejemplos para ampliar el conocimiento sobre la herramienta en cuestión.

6. Producto de ingeniería

Al implementar la metodología basada en prototipo se obtiene como resultado un producto de ingeniería, descrito a continuación.

Sistema Tecnológico Propuesto

El sistema tecnológico propuesto consiste, como se mencionó antes, en una aplicación para dispositivos móviles Android para el cálculo de curva elástica en vigas mediante el Método de Clebsch. El nombre de la aplicación es **Elástica Clebsch** y a continuación en la Figura 9 se muestra el logo de la misma.

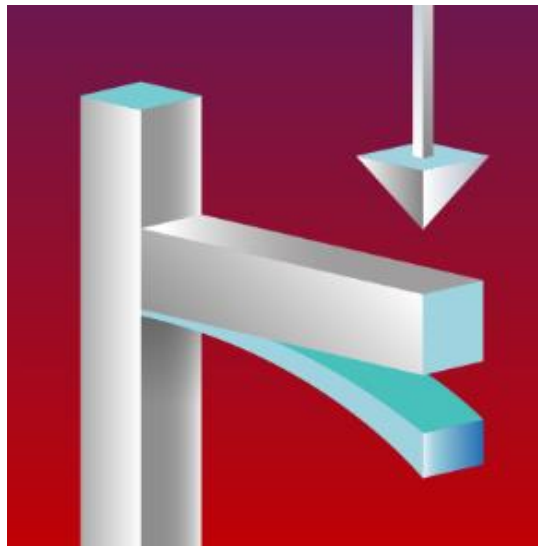


Figura 9. Logo aplicación **Elástica Clebsch**

Funciones

- Estudio de diferentes configuraciones de vigas isostáticas, sometidas a cargas externas.
- Permite el estudio completo del sistema (introduciendo Módulo de elasticidad: E e Inercia de la sección: I_z), o el estudio sencillo (únicamente introduciendo longitud del elemento y los resultados obtenidos se mostrarán como $Y(x)EI_z$, $\alpha(x)EI_z$)
- Calcula y muestra las reacciones internas del sistema.
- Calcula y muestra las constantes de integración ($C1$ y $C2$) que surgen al obtener las ecuaciones de la pendiente de la elástica ($\alpha(x)$) y la elástica ($Y(x)$).
- Muestra las ecuaciones de la pendiente de la elástica y de la elástica, ambas multiplicadas por la rigidez a flexión del elemento.

- Calcula y muestra los valores de momento, pendiente de la elástica y elástica para los diferentes tramos del elemento.
- Muestra los valores máximos y mínimos de la elástica y las longitudes a las cual ocurren.
- Muestra los diagramas de corte, momento, pendiente de la elástica y elástica del sistema propuesto.
- No necesita internet para ejecutarse.

Limitaciones

- Estudio de vigas isostáticas.
- Vigas de longitudes no mayor a diez metros.
- Debe aplicarse al menos una carga.
- Las cargas distribuidas aplicables sólo serán de tipo lineal.
- Expone los resultados con tres cifras decimales.

A continuación en la Figura 10 se muestran las configuraciones posibles que se pueden estudiar utilizando la aplicación **Elástica Clebsch**.

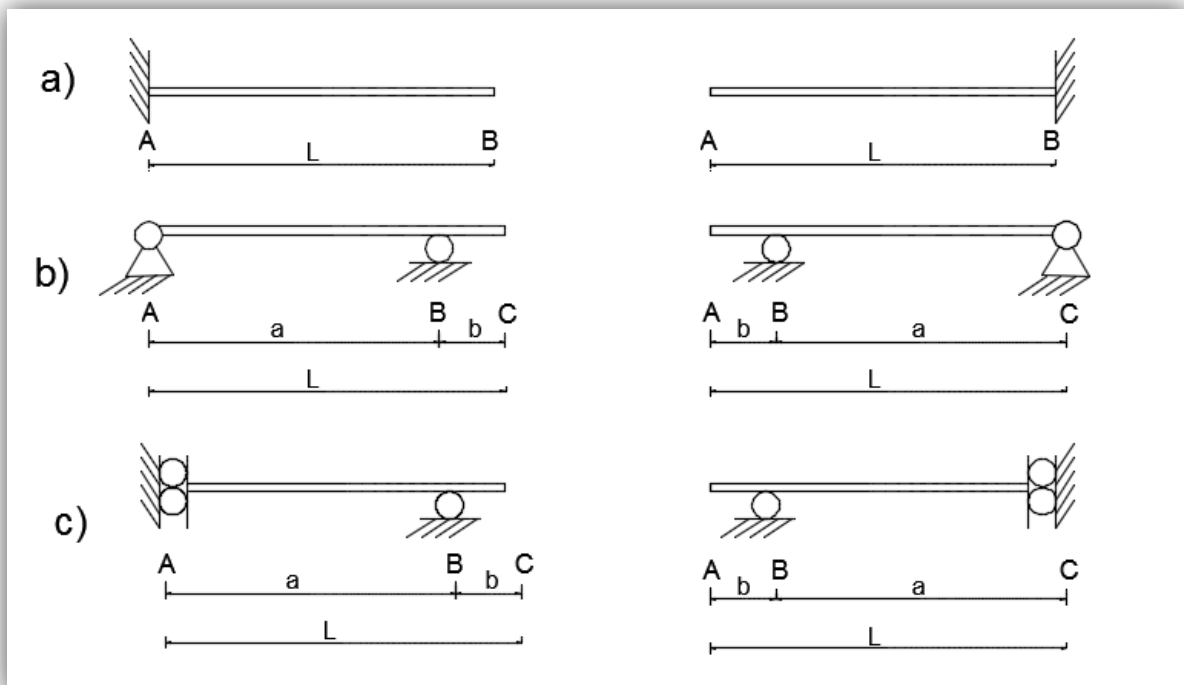


Figura 10. Configuraciones posibles de estudiar con la aplicación

Cabe destacar que según lo observado en la Figura 10, para las configuraciones b) y c) puede existir el caso en el cual $a = L$. De igual forma se muestra cómo para las tres configuraciones mostradas el vínculo inicial podría encontrarse al final del elemento.

Diseño de la Aplicación

Actualmente en el mercado existe una gran variedad de dispositivos móviles Android, pues cada marca comercializa una cantidad importante de modelos, con especificaciones y características diferentes, razón por la cual diseñar aplicaciones para dispositivos móviles puede ser complejo, debido a que los diseños deben ser compatibles para todos y cada uno de los dispositivos que se encuentran actualmente en el mercado.

Es por eso que para el desarrollo de la aplicación ***Elástica Clebsch*** fue necesario delimitar el diseño, de acuerdo a la información oficial de Android (Android Studio, s.f), con el fin de establecer los requerimientos mínimos del dispositivo en el cual se quiera implementar la aplicación.

Escogencia de versión de plataforma Android

Para escoger la versión que soportaría la aplicación se tomaron en cuenta los datos proporcionados por Android Studio (ver apartados 5.2 del Marco Teórico), en el Gráfico 1 se puede observar que el 99,3% de los dispositivos Android soportan la versión 2.3 Gingerbread. Con la escogencia de esta versión se garantiza una amplia disponibilidad en los dispositivos y el acceso a características de la plataforma Android actualizadas.

Escogencia tamaño pantalla

Debido a las altas limitaciones de espacio que introducía el tamaño de pantalla pequeño y considerando los datos mostrados en la Tabla 2 según la cual sólo el 4,1% de los dispositivos móviles Android actualmente en uso poseen una pantalla pequeña, se estableció el tamaño normal (ver Figura 1) como mínimo para la implementación de la aplicación.

Requerimientos para la implementación de la aplicación *Elástica Clebsch*

Hardware

- Dispositivo móvil (ver apartado 3 del Marco Teórico)
- Pantalla tamaño normal según clasificación de Android (ver Figura 1).
- Memoria disponible 2.53 MB

Software

- Sistema operativo Android, versión mínima 2.3 Gingerbread.

Sistema de referencia utilizado

A continuación se muestra en la Figura 11 el sistema de referencia utilizado en la aplicación **Elástica Clebsch**, ya que su conocimiento es imprescindible para la correcta introducción de los datos por el usuario.

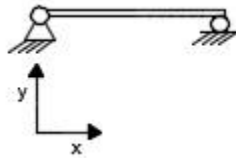


Figura 11. Sistema de referencia utilizado en la aplicación

Como se puede observar en la Figura 11, el origen de coordenadas se sitúa en el extremo izquierdo de la viga. El tipo de problema en estudio no contempla la aplicación de cargas horizontales (en la dirección del eje del elemento).

Convención

A continuación se muestra la convención de signos utilizada en la aplicación **Elástica Clebsch**, de igual forma con el fin de garantizar la correcta introducción de datos referente a las cargas por parte del usuario y la adecuada interpretación de los diagramas mostrados por la aplicación.

- **Cargas verticales:** (puntuales y linealmente distribuidas) serán consideradas positivas hacia abajo.
- **Momentos aplicados:** serán considerados positivos en sentido antihorario.
- **Pendiente de la elástica α :** los valores de la pendiente de la elástica serán considerados positivos en sentido antihorario.
- **Elástica:** los valores de $Y(x)$ serán considerados positivos hacia arriba.

Estructura de la aplicación

A continuación se explicará la estructura interna de la aplicación **Elástica Clebsch**, nombrando cada una de las clases que contiene, la interfaz con la cual se asocian y los procesos internos que se ejecutan dentro de cada una de ellas. Esto último se realizará a través de los diagramas de casos de uso UML, con los cuales se mostrará el funcionamiento de forma detallada de cada pantalla. En dichos diagramas se tienen los siguientes actores externos:

- **Usuario:** en este caso se denominará usuario a todo aquel que utilice la Aplicación para dispositivos móviles creada.

Los diagramas de casos de uso UML están asociados a los diagramas de flujo, en los cuales se muestra el proceso de validación de datos introducidos por el usuario.

De esta forma, se crearon tres clases para el manejo y almacenamiento de datos: Viga, Restricción y Cargas. A su vez se crearon diferentes *Activities* o pantallas que se refieren a las interfaces gráficas y definen la apariencia de la Aplicación. En dichas pantalla se declaran los atributos de dicha clase, los cuales son los elementos gráficos que posee cada una, y se crean los métodos en donde se establecen las relaciones de dichos elementos gráficos entre sí.

A continuación en la Figura 12 se muestra el esquema general de funcionamiento de la aplicación mediante el diagrama UML de caso de uso y en la Tabla 6 se realiza la descripción de dicho caso de uso, inmediatamente en la Figura 13 se muestra el diagrama de clases del programa.

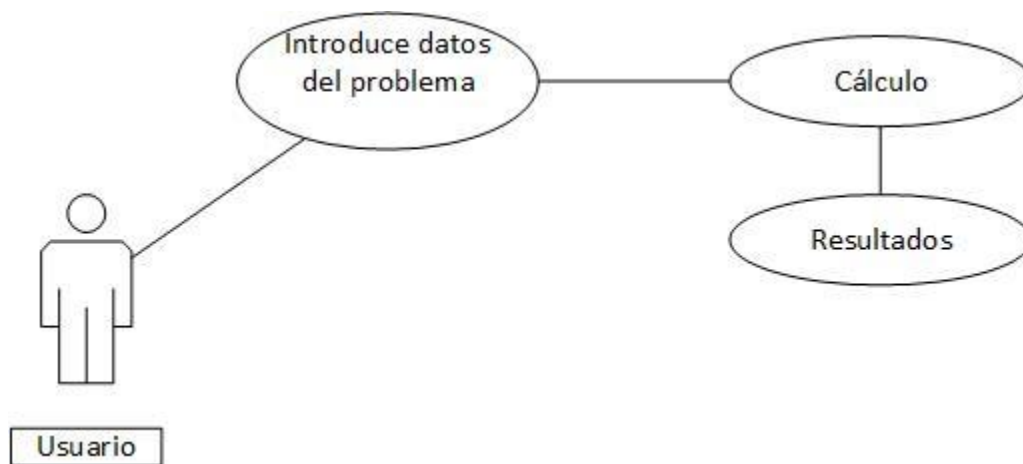


Figura 12. Diagrama UML: Caso de uso general de Aplicación.

Tabla 6. Descripción del caso de uso general de la Aplicación.

Caso de uso	General de la Aplicación	
Actores	Usuario	
Precondiciones	N/A	
Flujo principal		
1. U: Introduce datos iniciales del problema	-Usuario (U)	
2. A: Calcula	-Aplicación (A)	
3. A: Muestra resultados		
Flujo alternativo		
N/A		

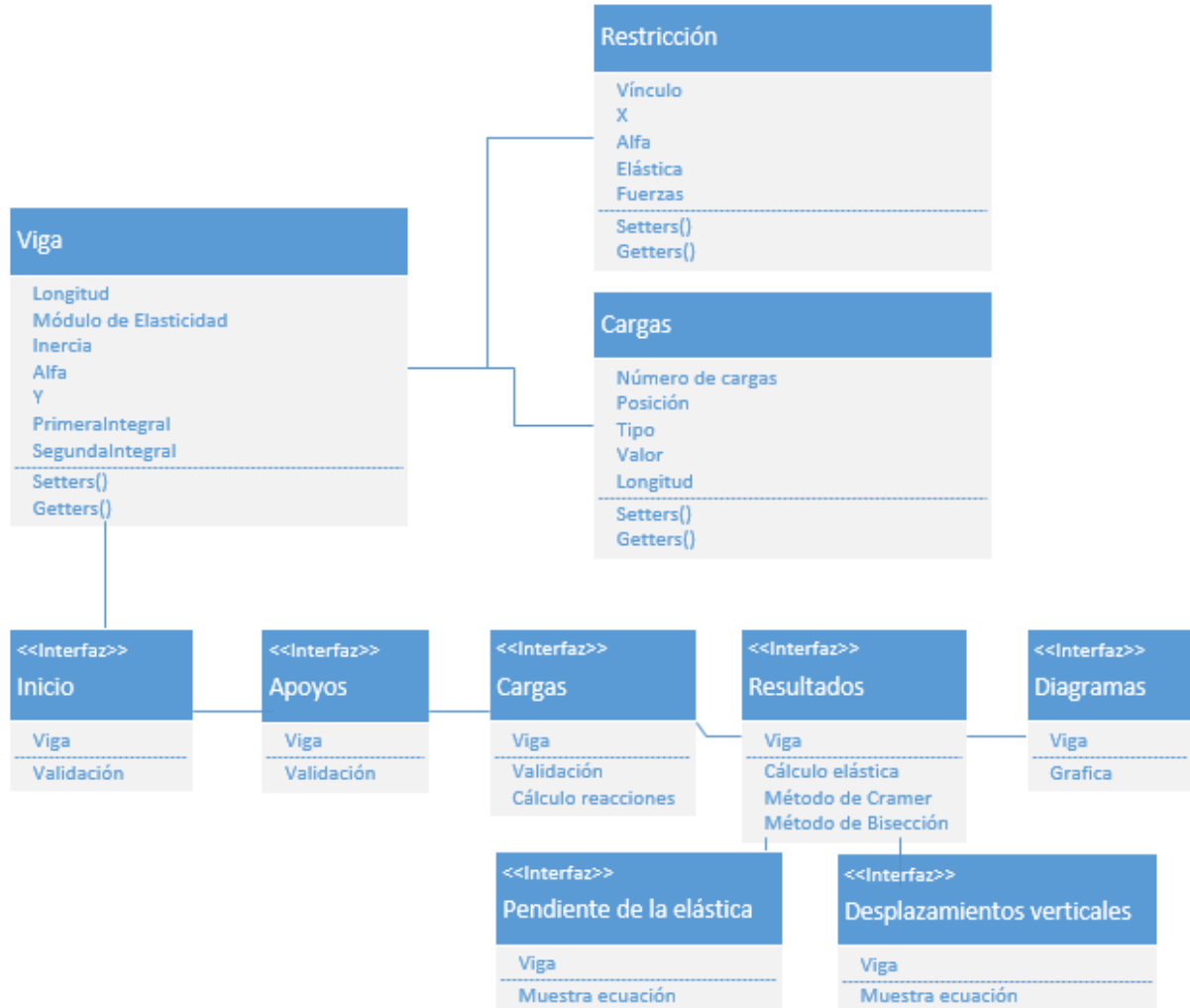


Figura 13. Diagrama de clases UML

Nota: En el **ANEXO 3** de dicho Trabajo Especial de Grado se muestra el código de las tres clases principales de ***Elástica Clebsch*** (Viga, Restricción y Cargas), así como los métodos de Cramer y de Bisección.

A continuación se describirá cada clase, mostrando su diagrama de caso de uso UML y las interfaces generadas.

Clase Viga

La clase viga posee como atributo la longitud del elemento en estudio, según la cual se rige la ubicación de los demás elementos del sistema. De igual forma están los atributos de Módulo de Elasticidad e Inercia de la sección con respecto al eje Z, (ver apartado VI.8.1 del Marco Teórico), ya que el usuario puede elegir si hacer el estudio completo o no. Es la clase principal del programa, por esto contiene los arreglos donde se almacenan los valores de la primera y segunda integral de la ecuación de momento del sistema, utilizados luego para el estudio de la elástica. Dentro de sus métodos contiene aquellos destinados a almacenar y obtener dichos atributos cuando deban ser consultados.

En la clase Viga se llama a las otras dos clases del método, las clases Restricción y Cargas. Esto quiere decir que al crear un objeto de la clase Viga, se crea un objeto de tipo Restricción y otro de tipo Cargas, permitiéndole llamar a sus atributos y utilizar sus métodos.

La clase viga está relacionada con la pantalla Inicio, la cual es la pantalla inicial de la aplicación, es decir, al iniciar la aplicación se crea un objeto de tipo Viga. Una vez validados los valores correspondientes se puede acceder a la próxima interfaz.

A continuación en la Figura 14 se muestra el diagrama UML de caso de uso de la pantalla Inicio, y en la Tabla 7 la descripción de dicho caso de uso.

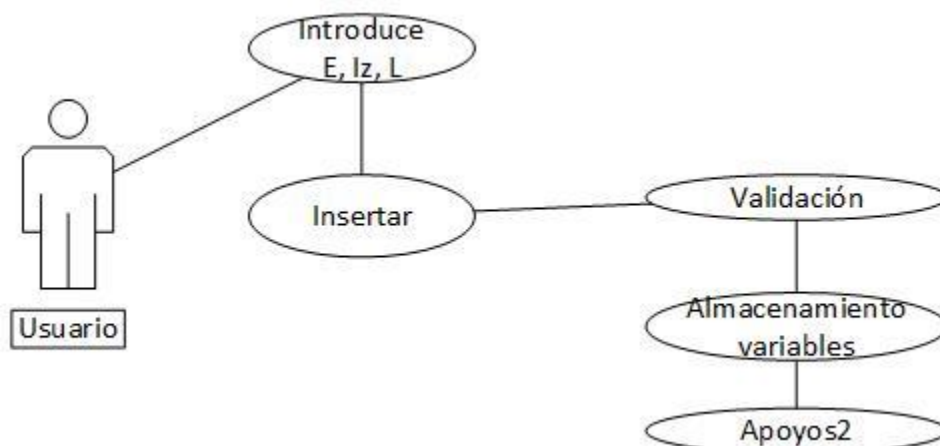


Figura 14. Caso de uso Inicio

Tabla 7. Descripción del caso de uso Inicio

Caso de uso	Inicio	
Actores	Usuario	
Precondiciones	N/A	
Flujo principal		
1. U: Selecciona si dese realizar estudio completo	-Usuario (U)	
1.1 U: Introduce E (módulo de elasticidad)	-Aplicación (A)	
1.2. U: Introduce Iz (inercia)		
2. U: Introduce L (longitud de la viga)		
3. U: Selecciona Insertar		
3.1 A: Valida datos		
3.2. A: Almacena en variables		
3.3. A: Invoca la pantalla Apoyos		
Flujo alternativo		
Ver Figura 15		

Longitud de la viga

Con el fin de modelar problemas reales y teniendo en cuenta la limitante del ancho de las pantallas, la longitud de las vigas a estudiar se delimitó a diez metros. A continuación en la Figura 15 se muestra el diagrama de flujo correspondiente a la validación de la longitud de viga.

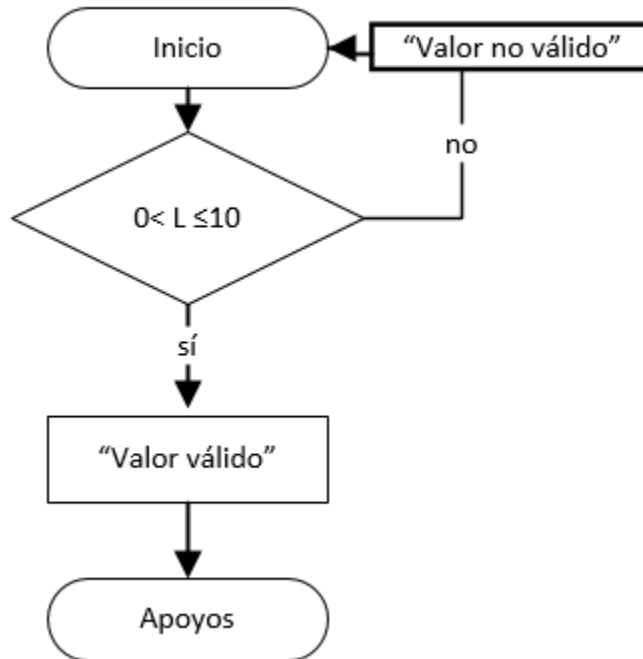


Figura 15. Diagrama de flujo de validación de Longitud de la viga

A continuación se muestra en la Figura 16 la pantalla Inicio.



Figura 16. Pantalla Inicio

Clase Restricción

Esta clase posee como atributos: Vínculo, X (posición del mismo), Alfa (pendiente de la elástica) y Elástica. Mediante estos atributos se establecen las restricciones de desplazamiento a las cuales se encuentra sometido el sistema, por consiguiente en la clase se establecen las condiciones de borde (CDB) que se generan al aplicar dichas restricciones.

Dentro de sus métodos al igual que en la clase Viga, se encuentran aquellos destinados a almacenar y obtener dichos atributos cuando deban ser consultados. En esta clase los atributos se almacenan en arreglos.

Como se mencionó en los **Alcances del prototipo** de este apartado, el modelo de viga a estudiar consiste en vigas isostáticas, por lo que permiten máximo dos unidades de vinculación, las cuales, según su grado, permiten aplicar tres tipos de restricciones a la viga, dichas restricciones se definen como:

- Restricción en X: se restringe el movimiento de la barra en dirección horizontal con respecto a la tierra.
- Restricción en Y: se restringe el movimiento de la barra en dirección vertical con respecto a la tierra.
- Restricción de Alfa (α): se restringe la rotación de la barra con respecto a la tierra.

La clase Restricción se asocia con la pantalla Apoyos, mediante la cual se lleva a cabo la introducción, validación y almacenamiento de los diferentes datos. Allí se programan los métodos a ejecutar para tal fin, mostrando los posibles casos de estudio para el desarrollo del método.

En la Figura 17 se procede a mostrar el diagrama UML de caso de uso de dicha pantalla, y en la Tabla 8 la descripción de dicho caso de uso.

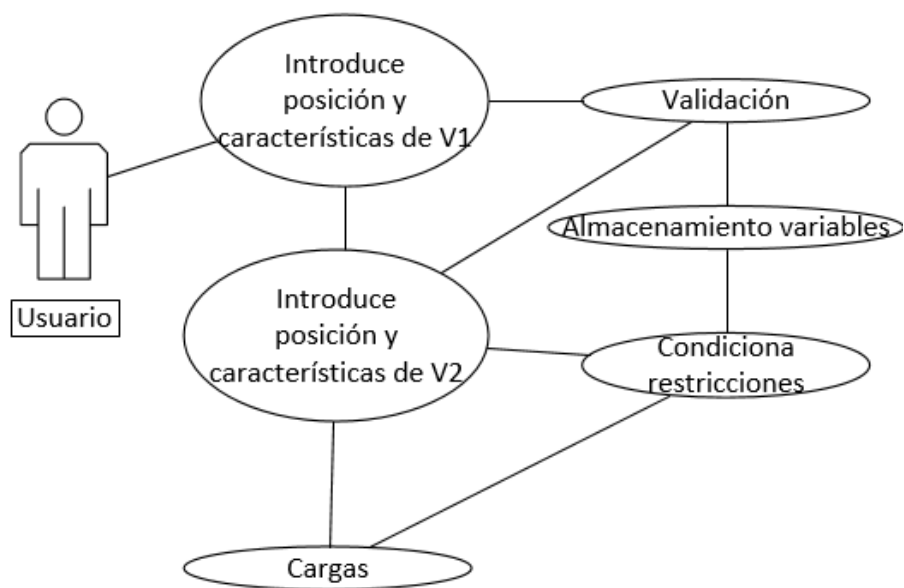


Figura 17. Caso de uso Apoyos.

Tabla 8. Descripción del caso de uso Apoyos.

Caso de uso	Apoyos
Actores	Usuario
Precondiciones	Correcta introducción de datos iniciales
Flujo principal	
1. U: Introduce X1 (posición del primer vínculo) 1.1. A: Valida X1 1.2. A: Almacena variables 1.3. A: Condiciona restricciones 2. U: Selecciona restricciones V1 (vínculo 1) 2.1: A: Almacena variables 2.2: A: Muestra condiciones de borde 3. U: Introduce X2 (posición del segundo vínculo) 3.1. A: Valida X2 3.2. A: Almacena variables 3.3. A: Condiciona restricciones 4. U: Selecciona restricciones V2 (vínculo 2) 4.1 A: Almacena variables 4.2 A: Muestra condiciones de borde 5. U: Entra a la pantalla de Cargas	-Usuario (U) -Aplicación (A)
Flujo alternativo	
Ver Figura 18	

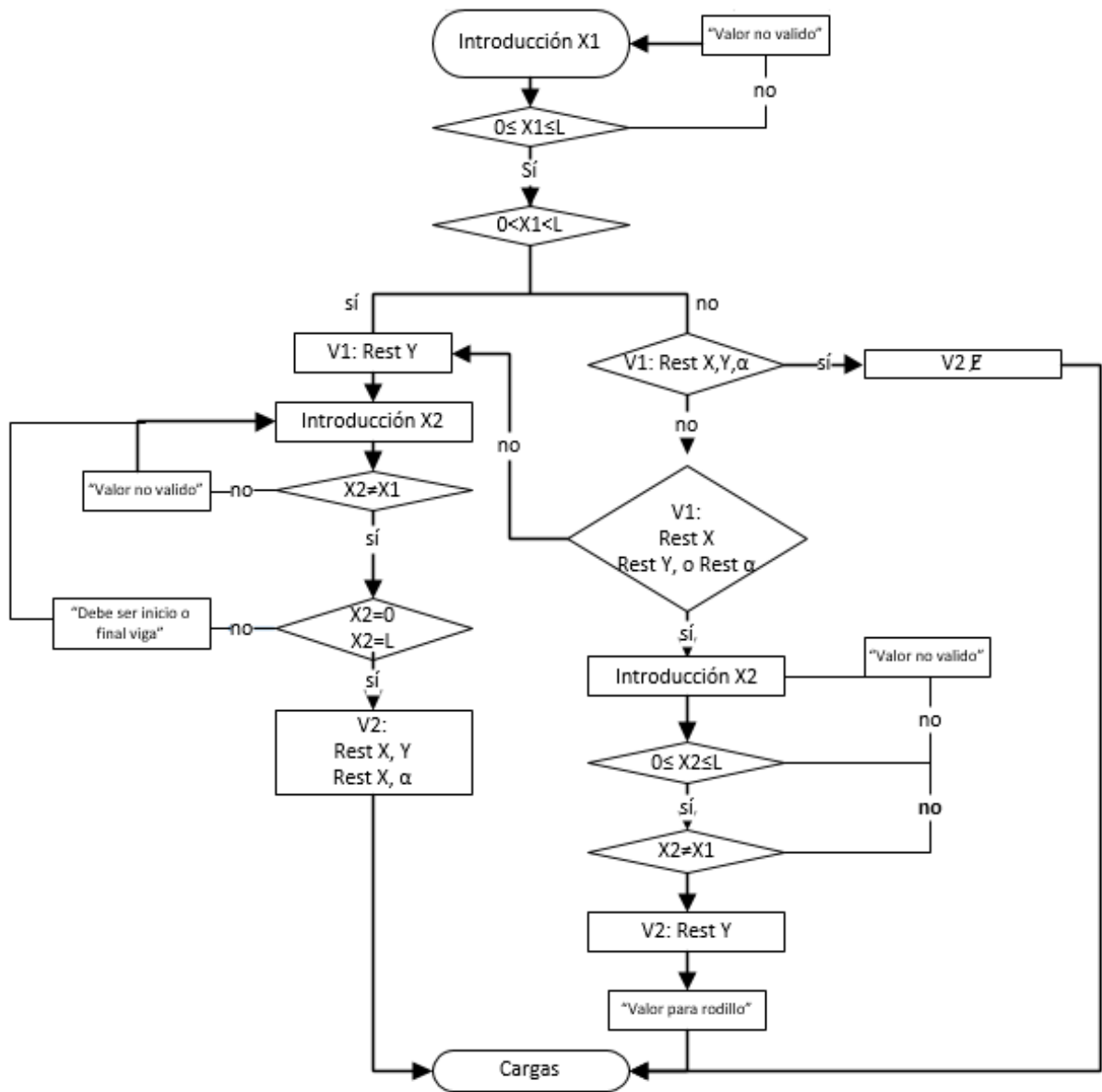


Figura 18. Diagrama de flujo de validación de las unidades de vinculación

A continuación se muestra en la Figura 19 la pantalla Apoyos.



Figura 19. Pantalla Apoyos

Clase Cargas

Mediante esta clase se definen las cargas a las cuales se encuentra sometido el sistema, con lo cual finaliza la caracterización del mismo. Ella posee como atributos: Número de cargas, Posición (donde se aplica la carga), Tipo (Puntual, Lineal distribuida, Momento), Valor (de la carga), y Longitud (si la carga es linealmente distribuida).

En esta clase los datos introducidos referentes a las características de cada una de las cargas se almacenan en arreglos dinámicos, puesto que el número de cargas determina el tamaño de los mismos.

Esta clase se encuentra asociada con la pantalla Cargas. Mediante dicha interfaz se introducen los datos ya mencionados, y una vez culminado el proceso se muestra un resumen de las cargas introducidas y finalmente las reacciones del sistema que fueron calculadas.

A continuación en la Figura 20 se muestra el diagrama UML de caso de uso de dicha pantalla, y en la Tabla 9 la descripción de dicho caso de uso.

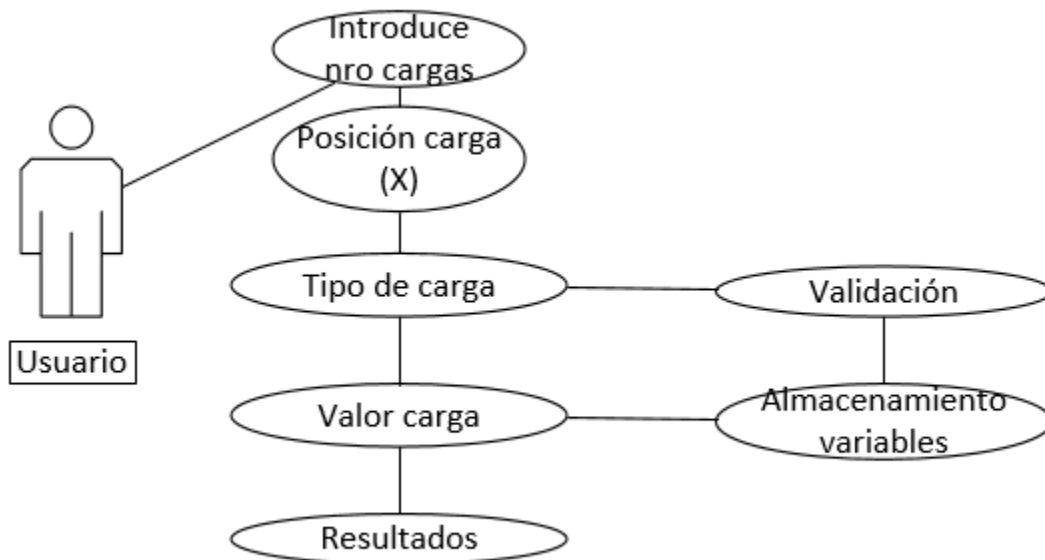


Figura 20. Caso de uso Cargas

Tabla 9. Descripción del caso de uso Cargas

Caso de uso	Cargas	
Actores	Usuario	
Precondiciones	Correcta introducción de las unidades de vinculación	
Flujo principal		
1. U: Introduce número de cargas 2. U: Selecciona posición carga 3. U: Selecciona tipo de carga 3.1. A: Valida X y tipo de carga 3.2. A: Almacena variables 4. U: Introduce valor carga 4.1. A: Almacena variables 5. U: Repite el ciclo para el número de cargas 6. A: Indica finalización de la introducción de las cargas 7. A: Muestra las dos reacciones del sistema 8. U: Entra a la pantalla Resultados	-Usuario (U)	-Aplicación (A)
Flujo alternativo		
Ver Figura 21		

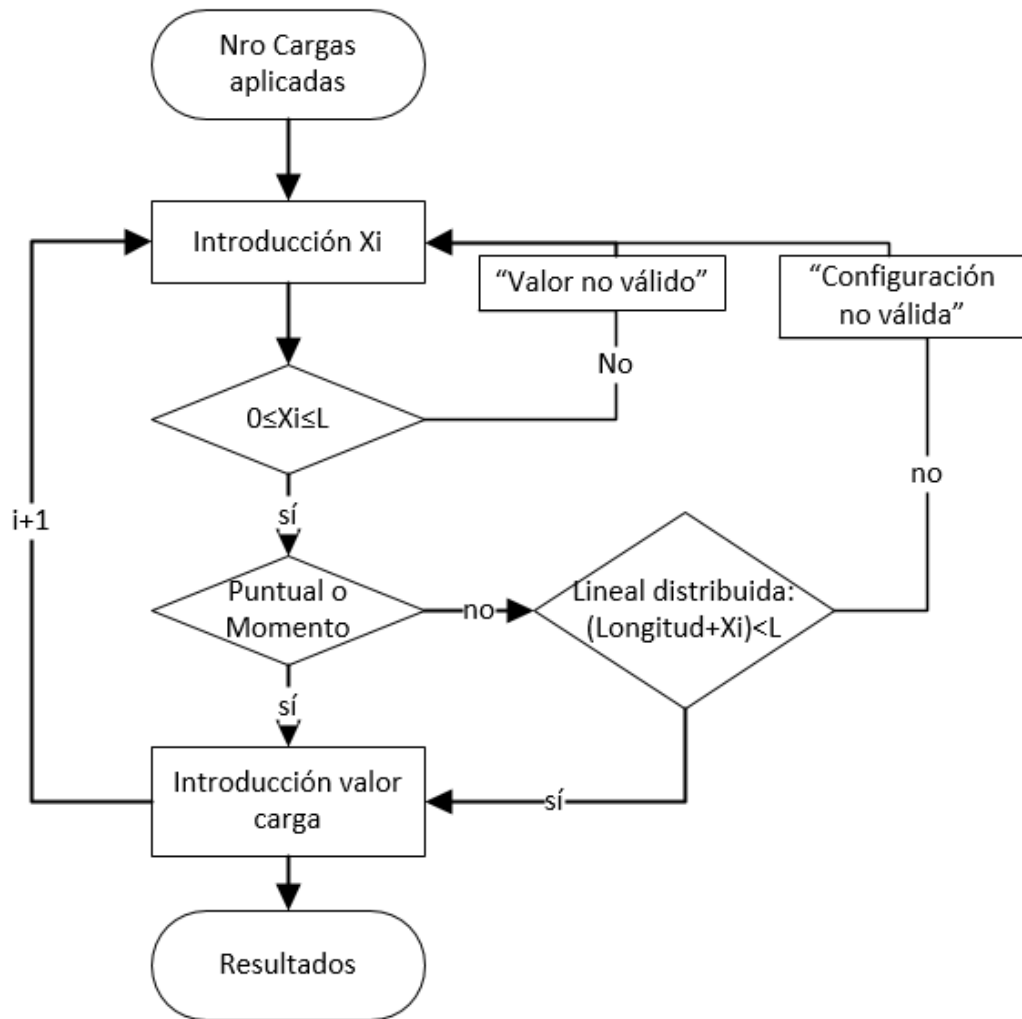


Figura 21. Diagrama de flujo de validación de cargas aplicadas.

A continuación se muestra en la Figura 22 la pantalla Cargas.

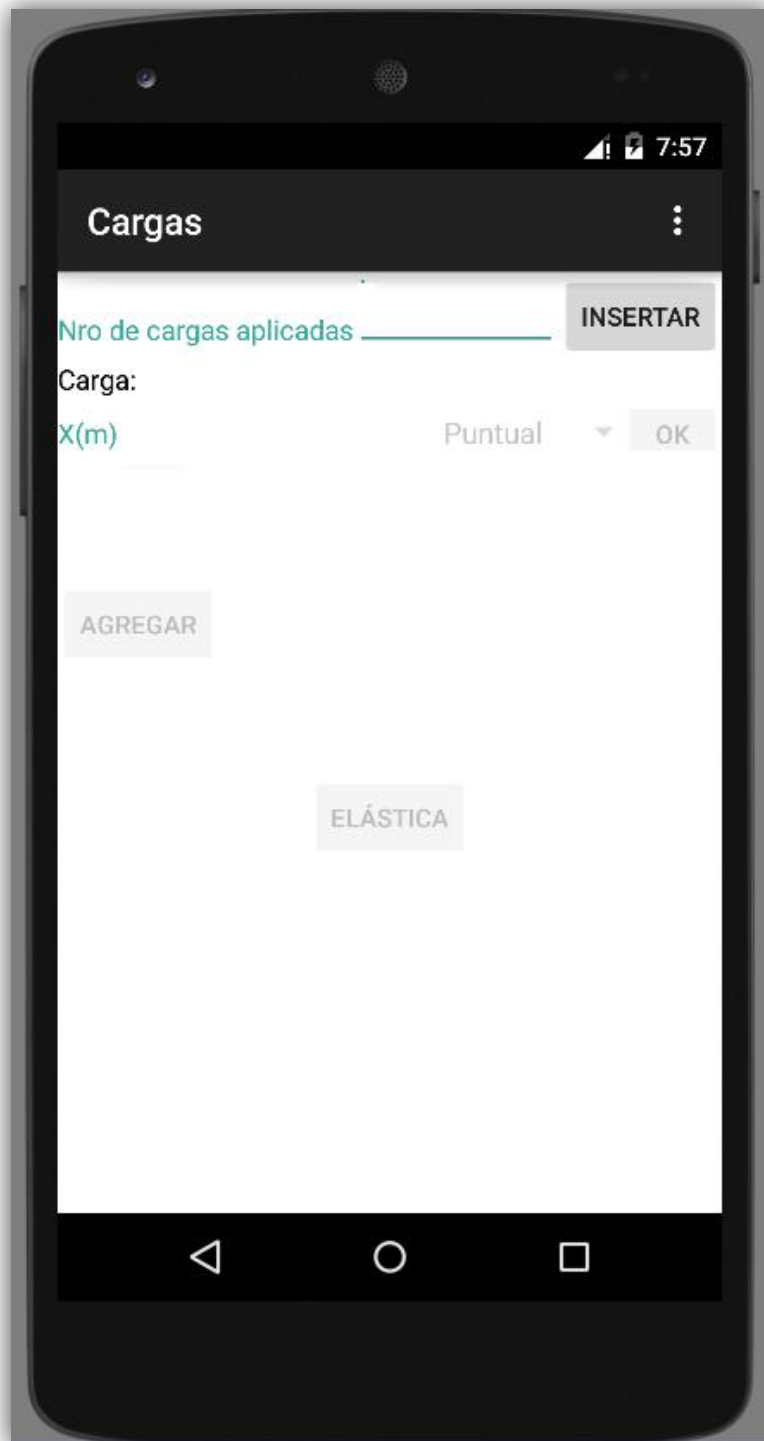


Figura 22. Pantalla Cargas

Clase Resultado

La clase Resultado es la clase donde se maneja la pantalla con el mismo nombre. Dentro de sus atributos se encuentran los contenedores gráficos dispuesto en él, y dicha clase posee los métodos que calculan los valores de la pendiente de la elástica (alfa) y de la elástica, para toda la extensión del elemento. De igual forma posee los métodos de Cramer y de la Bisección (ver apartados 6 y 7 del Marco Teórico), con los cuales se calcularon las constantes de integración C1 y C2 y los valores máximos de la elástica respectivamente.

En dicha pantalla se muestran todos los resultados referentes al estudio de la elástica como lo son C1 y C2, los valores de Alfa y Elástica para los puntos notables (inicio y final de la viga así como puntos donde haya cargas aplicadas) y permite a su vez calcular dichos valores para cualquier distancia. Mediante esta clase es posible acceder a las pantallas donde se muestran las ecuaciones de la pendiente de la elástica y la elástica. A continuación en la Figura 23 se muestra el diagrama UML de caso de uso de dicha pantalla, y en la Tabla 10 la descripción de dicho caso de uso.

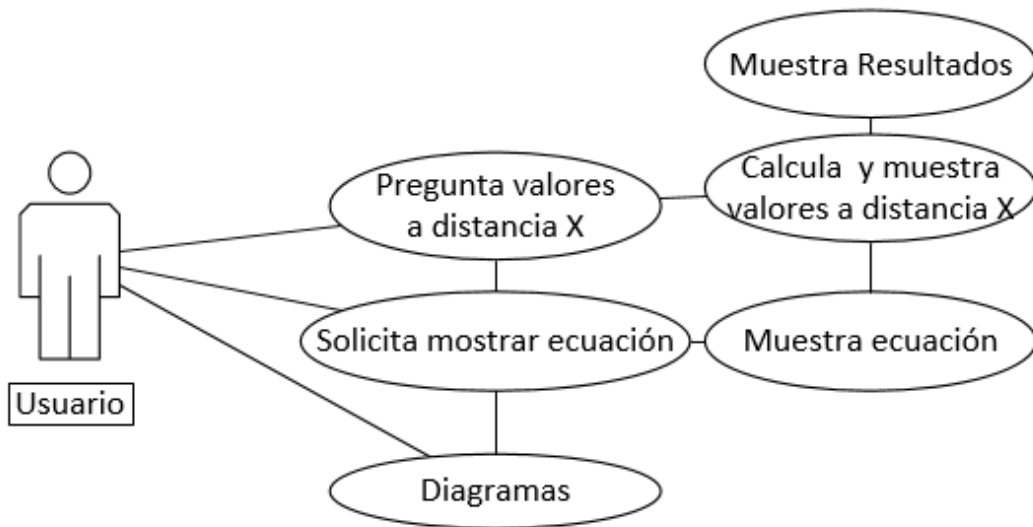


Figura 23. Caso de uso Resultados

Tabla 10. Descripción del caso de uso Resultados

Caso de uso	Resultados
Actores	Usuario
Precondiciones	Correcta introducción de cargas del sistema
Flujo principal	
1. A: Muestra resultados 2. U: Pregunta valores a cualquier distancia 2.1. A: Calcula y muestra valores a cualquier distancia 3. U: Entra en pantalla que muestra la ecuación de $\alpha(x)$ 3.1 U: Vuelve a pantalla Resultados 4. U: Entra en pantalla que muestra la ecuación de $Y(x)$ 4.1 U: Vuelve a pantalla Resultados 5. U: Entra a la pantalla Diagramas	-Usuario (U) -Aplicación (A)
Flujo alternativo	
Ver Figura 24	

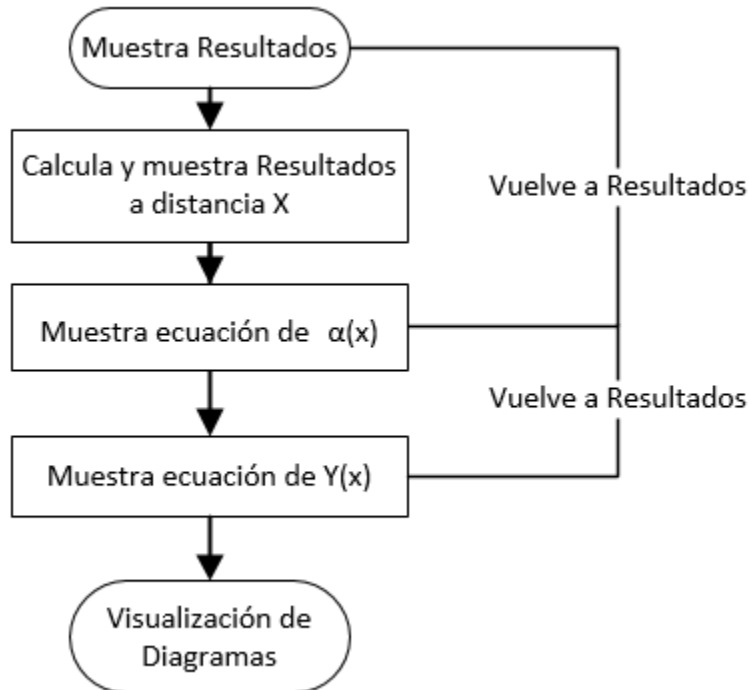


Figura 24. Diagrama de flujo de validación de Resultados

A continuación se muestra en la Figura 25 la pantalla Resultados, y en la Figura 26 las pantallas de ecuaciones.



Figura 25. Pantalla Resultados

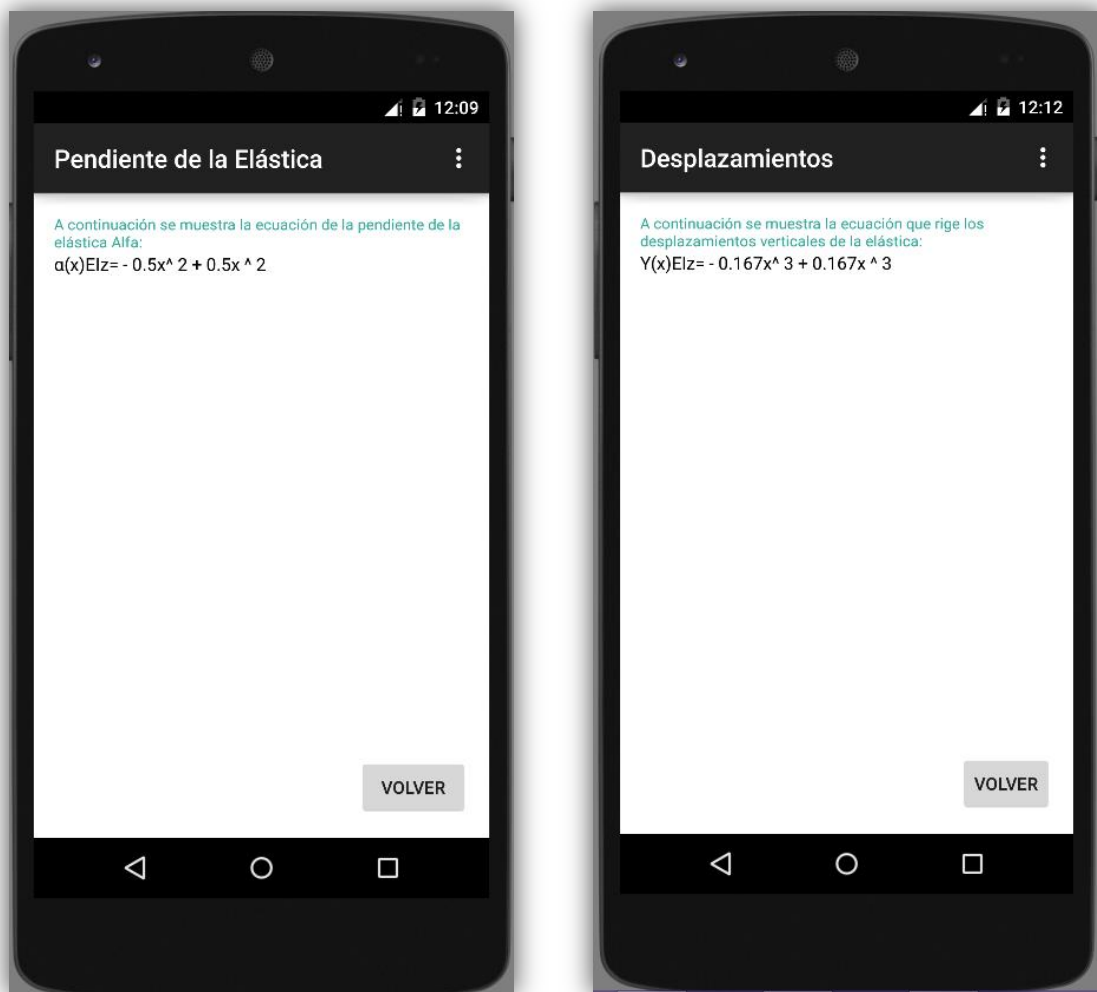


Figura 26. Pantallas de ecuaciones: Pendiente de la Elástica y Desplazamientos

Clase Diagramas

En la clase diagramas se poseen los atributos referentes a los contenedores gráficos de la pantalla con el mismo nombre. Esta clase posee un método mediante el cual se grafican los valores de fuerza cortante, momento flector, pendiente de la elástica y elástica (ambos multiplicados por la rigidez a flexión del elemento). A continuación en la Figura 27 se muestra el caso de uso de dicha pantalla, y en la Tabla 11 la descripción de dicho caso de uso.

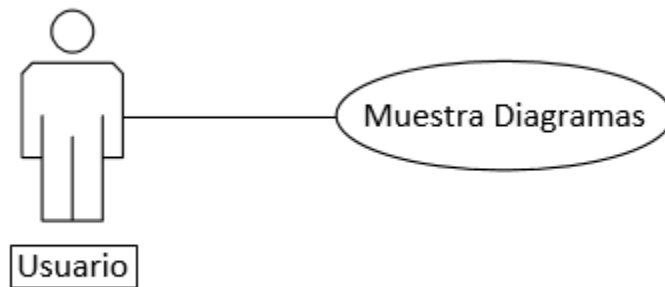


Figura 27. Caso de uso Diagramas

Tabla 11. Descripción del caso de uso Diagramas

Caso de uso	Diagramas	
Actores	Usuario	
Precondiciones	Correcta introducción de datos del sistema	
Flujo principal		
1. A: Muestra diagrama de: $V_y(x)$, $M_z(x)$, $\alpha(x) E I_z$ y $Y(x) E I_z$		-Usuario (U)
2. U: Regresa a pantalla de inicio		-Aplicación (A)
Flujo alternativo		
Ver Figura 28		

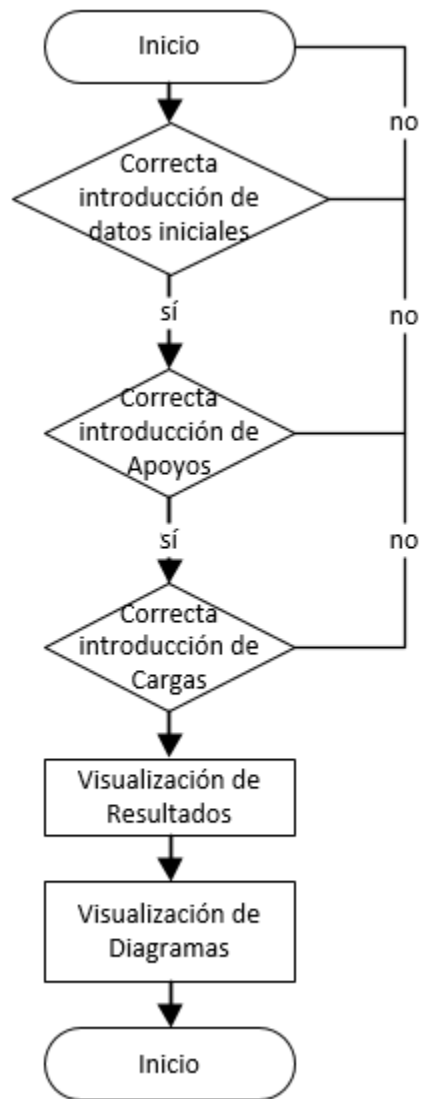


Figura 28. Diagrama de flujo de validación de Diagramas

A continuación en la Figura 29 se muestra la pantalla “Diagramas” de la aplicación.



Figura 29. Pantalla Diagramas

Según lo observado en la Figura 29 los diagramas mostrados por orden de aparición son:

- Diagrama de fuerza cortante $V_y(x)$ en unidades de Toneladas [T].
- Diagrama de momento flector $M_z(x)$ en unidades de Toneladas-metros [T-m]
- Diagrama de la pendiente de la elástica Alfa (línea azul) y diagrama de la elástica (línea verde), ambos multiplicados por la rigidez a flexión: $\alpha(x) EI_z$ y $Y(x)EI_z$.

Por último es importante mencionar que la relación de las pantallas es lineal, puesto que sólo se puede acceder a una siempre y cuando se hayan introducido los datos de manera satisfactoria en la anterior.

En el **ANEXO 1** de este trabajo se encuentra un Manual de Instalación de la aplicación **Elástica Clebsch** y en el **ANEXO 2** un Manual de Usuario en el cual se muestra a su vez un ejercicio resuelto paso a paso con una vista a la correcta introducción de los datos del problema en la aplicación. De igual forma en el **ANEXO 3** se muestran los pasos para la creación de una aplicación sencilla, con el fin de que sirva como guía para el desarrollo de nuevas aplicaciones.

Evaluación del funcionamiento de la aplicación *Elástica Clebsch*

Con el fin de verificar el correcto funcionamiento de la aplicación creada, fue necesario resolver diferentes ejercicios de manera analítica y comparar los resultados obtenidos con los arrojados por el programa. De igual forma, se comparó con un problema presente en la literatura consultada, específicamente en el libro *Resistencia de Materiales* (Stiopin, 1979). A continuación en la Figura 30 se muestra uno de los problemas utilizado en la validación de la herramienta propuesta, basado en el ejemplo 7.10 del texto *Resistencia de Materiales* (Stiopin, 1979).

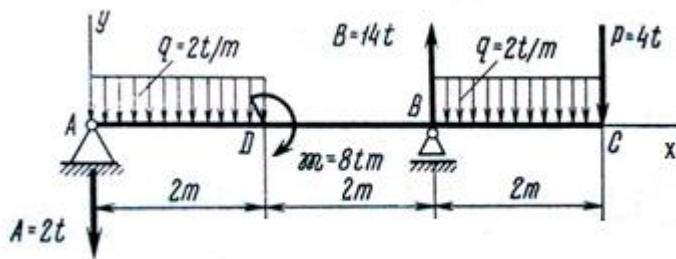


Figura 30. Ejercicio propuesto. (Fuente: Stiopin, 1979)

Primeramente se introduce la configuración mostrada en la Aplicación, al hacer esto se calculan las reacciones del sistema, obteniendo los valores mostrados en la Figura 30,

A=2T en dirección hacia abajo, B=14T en dirección hacia arriba. Luego, se obtienen los valores del estudio de alfa y la elástica del elemento.

A continuación en la Tabla 12 se muestran los resultados correspondientes al estudio de alfa y la elástica, de ambas fuentes.

Tabla 12. Comparación de resultados de ejercicio propuesto

X(m)	Resultados Stiopin (Stiopin, 1979)		Resultados Elástica Clebsch	
	$\alpha(x)EI_z$	$Y(x)EI_z$	$\alpha(x)EI_z$	$Y(x)EI_z$
0	6,33	0	6,333	0
2	-0,33	8,67	-0,333	8,667
4	-12,33	0	-12,333	0
6	-23,0	-39,3	-23,0	-39,333

Según lo mostrado en la tabla 12 se puede observar cómo los resultados obtenidos con la aplicación resultan prácticamente iguales a los mostrados en la literatura, encontrando diferencias en el segundo decimal ya que varía el número de decimales mostrados en ambas fuentes. A continuación en la Figura 31 se muestran los diagramas creados por la aplicación para el problema mostrado y en la 32 los diagramas reflejados en el texto. Como se mencionó en el apartado anterior (Sistema Tecnológico propuesto) el orden de aparición de los diagramas es: 1) Diagrama de fuerza cortante, 2) Diagrama de momento flector, 3) Diagramas de pendiente de la elástica y la elástica, ambos multiplicados por la rigidez a flexión: $\alpha(x)EI_z$ y $Y(x)EI_z$.

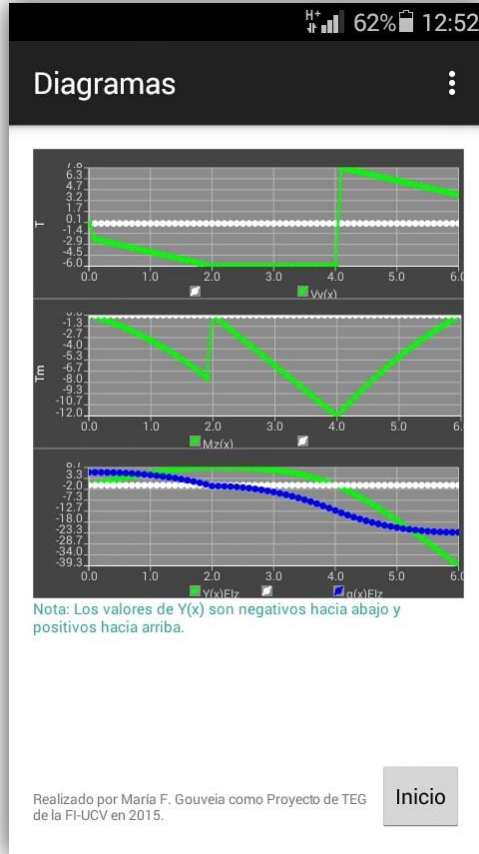


Figura 31. Diagramas de *Elástica Clebsch* del problema resuelto

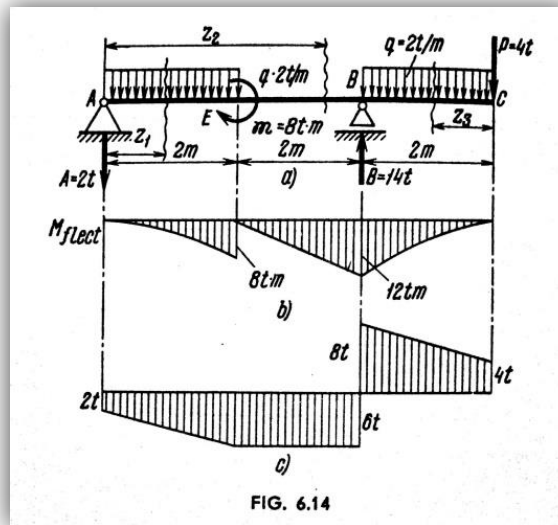


Figura 32. Diagramas del texto del problema resuelto (Fuente: Stopin, 1979)

En la Figura 32 se muestran los diagramas de las solicitaciones fuerza cortante (c) y momento flector (b), los cuales al compararlos con los diagramas generados con la aplicación resultan similares y se obtienen exactamente los mismos valores. De igual forma al observar los valores de la tabla 12 se puede constatar que la diferencia entre ambos resultados (los del texto y los de la aplicación) es del orden de 0,01.

Adicionalmente, al realizar la evaluación del funcionamiento de la aplicación se pudo comprobar la disminución del tiempo de ejecución del ejercicio, ya que de forma analítica dicho tiempo corresponde a aproximadamente 30 minutos, y al utilizar la aplicación el tiempo de ejecución corresponde a aproximadamente 3 a 5 minutos. Esto se traduce en una diferencia de aproximadamente 25 minutos, lo cual es un valor significativo.

Con lo expresado anteriormente, se comprueba el correcto funcionamiento de la aplicación propuesta.

CAPÍTULO VI: DISPOSICIONES FINALES

CONCLUSIONES

De acuerdo a la realización de este Trabajo Especial de Grado se puede concluir que al definir las variables y características del elemento viga, necesarias para aplicar el método de Clebsch, se desarrolló una herramienta de cálculo mediante la implementación de la Metodología basada en prototipo, la cual consiste en una aplicación para dispositivos móviles Android capaz de calcular y graficar la curva elástica de elementos sometidos a flexión. De igual forma se presentó la aplicación desarrollada la cual se denomina ***Elástica Clebsch*** y posee entre sus funciones: estudio de diferentes configuraciones de vigas isostáticas sometidas a cargas externas, introducción de propiedades de la sección en estudio (módulo de elasticidad e inercia de la sección) lo cual permite estudiar elementos de diferente material, cálculo de las reacciones del sistema, de las constantes de integración, estudio de la pendiente de la elástica (o ángulo de rotación) $\alpha(x)$ y de la elástica $Y(x)$, y presentación de diagramas de corte, momento, alfa y elástica del sistema propuesto

La herramienta presentada resulta de uso sencillo, amigable y es capaz de resolver configuraciones complejas en un tiempo muy corto, obteniendo una reducción de los tiempos de ejecución de aproximadamente 25 minutos, brindando así dos de las principales ventajas de las herramientas de cálculo: precisión y rapidez.

Con la implementación de la aplicación ***Elástica Clebsch*** en el aula de clase, se hace frente a la inminente demanda actual sobre el uso de tecnologías como parte del Aprendizaje Móvil que se vive en el mundo, brindando una nueva perspectiva sobre la educación y múltiples oportunidades a los estudiantes, al propiciar el uso de diferentes métodos de ejercitación.

Finalmente, resulta importante apoyar el desarrollo de nuevas tecnologías en la Universidad puesto que ello favorece tanto a su desarrollo y al de sus estudiantes, como al de la Ingeniería, ya que hoy en día su avance se encuentra en gran parte ligado al avance tecnológico.

RECOMENDACIONES

Se recomienda el desarrollo de aplicaciones sencillas e intuitivas para dispositivos móviles e introducir su uso en las aulas de clase, puesto que ellas representan herramientas poderosas de fácil acceso, que pueden facilitar la comprensión de temas complejos así como modelar fenómenos difíciles de observar en el día a día.

Para el diseño de próximas aplicaciones se recomienda fijar el API Level y el tamaño de la pantalla con la cual diseñar, según recomendaciones y estadísticas como se hizo en este Trabajo Especial de Grado, debido al amplio mercado actual de los dispositivos móviles, lo cual se traduce en una gran cantidad de modelos disponibles.

En caso contrario que no se desee limitar el tamaño de pantalla para el cual estará disponible la aplicación, se recomienda conocer muy bien el programa con el cual se diseñe la herramienta al igual que el lenguaje utilizado, con el fin de realizar las configuraciones iniciales pertinentes y manejar los controles visuales a cabalidad para concretar un diseño que se adapte a todos los tamaños de pantalla existentes en el mercado.

De igual forma se recomienda la construcción de aplicaciones futuras orientadas a resolver configuraciones de vigas hiperestáticas y sistemas de varias barras, así como la inclusión de fuerzas distribuidas trapeciales. Adicional a esto se invita al desarrollo de aplicaciones basadas en diferentes métodos para el cálculo de otros elementos estructurales tales como columnas, losas, entre otros.

Se recomienda el uso de la aplicación ***Elástica Clebsch*** en el aula de clase como parte del Aprendizaje Móvil, resultando una herramienta complementaria para el estudio del Método de Clebsch, y una oportunidad que se brinda al estudiante de familiarizarse con herramientas de cálculo, antes de incursionar en el mundo laboral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brazáles, A., Calleja, J., García, J., García, J., et al. (2000). *Aprenda Java como si estuviera en primero*. Escuela Superior de Ingenieros, Universidad de Navarra, San Sebastián.
2. Carneiro, R., Toscano, J. y Díaz, T. (2009). *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo*. Madrid, España: Fundación Santillana.
3. Cañabate, A. y Crespi, A. (2010). *¿Qué es la Sociedad de la Información?*. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.
4. Enlaces, Centro de Educación y Tecnología del Ministerio de Educación de Chile. (2013). *Matriz de habilidades TIC para el Aprendizaje*.
5. Fundación Telefónica. (s.f). *Guía Mobile Learning*.
6. Gómez, M., Farias P., Roses, P. (2012). El uso académico de las redes sociales en universitarios. *Revista Comunicar*, 19(38), 131-138.
7. Hibbeler, R. C, (2006). *Mecánica de materiales*. (6ª edición). México: Pearson Education.
8. Herrera, J., Ocsa, A., Suero, G., Villalba, K. (2014). Propuesta para el diseño y desarrollo de Aplicaciones M-learning: Caso, Apps de historias del Perú como objetos de aprendizaje móviles. *Memorias del Congreso Internacional de Información Educativa: Nuevas ideas en Informática Educativa TISE 2014*. (pp. 873-878). Chile: Universidad de Chile.
9. Huerta, A., Sarrate, J. y Rodríguez, A. (1998). *Métodos numéricos. Introducción, aplicaciones y programación*. Barcelona, España: Edicions UPC.
10. Johnson, L., Adams Becker, S., Gago, D. Garcia, E., y Martín, S. (2013). *NMC Perspectivas Tecnológicas: Educación Superior en América Latina 2013-2018. Un Análisis Regional del Informe Horizon del NMC*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
11. Meli, R. (2001). *Diseño estructural*. México: Limusa.
12. Palacios, F. (2008). *Sistema de ecuaciones lineales: regla de Cramer*. Escuela Superior de Ingeniería Manresa, Universidad Politécnica de Catalunya. España.
13. Palacios, F. (2009). *Métodos Numéricos: Resumen y ejemplos. Tema 5: Resolución aproximada de ecuaciones*. Escuela Superior de Ingeniería Manresa, Universidad Politécnica de Catalunya. España.

14. Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación Científica. Segunda parte: Aspectos metodológicos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 2(3), 330-343.
15. Popov, E. (1983). (Popov, 1983) México D.F, México: Limusa.
16. Rodríguez, I. (2003). *Estática de las estructuras*. Material inédito. Escuela de Ingeniería Civil, UCV. Caracas, Venezuela.
17. Stiopin, P. (1979). *Resistencia de materiales*. Rusia: Mir Moscú
18. Tello, E. (2008). Las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) y la brecha digital: su impacto en la sociedad de México. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 4(2), 1-8.
19. Timoshenko, S. (1976). *Resistencia de materiales*. Madrid, España: Espasa-Calpe.
20. UNESCO (2013). *Enfoques estratégicos sobre las TICS en educación en América Latina y el Caribe*.
21. El País (2014. 7 de enero). Mil millones de Androids en 2014. *El País*. Recuperado el 22 de noviembre de 2014, de www.elpais.com
23. Redacción (2014. 15 de noviembre). Samsung duplica en ventas de smartphones a Apple. *Economía Digital*. Recuperado el 24 de noviembre de 2014, de www.economiadigital.es
24. Mike Orcutt. (2014. 29 de agosto). Dos novatos de los 'smartphones' superan las ventas de Samsung en China e India. *MIT Technology Reviews*. Recuperado el 24 de noviembre de 2014, de www.technologyreview.es
25. M.J (2014. 25 de febrero). La venta de 'smartphones' supera por primera vez los 1.000 millones de unidades. *Cinco días*. Recuperado el 24 de noviembre de 2014, de www.cincodias.com
26. EADIC. (2012. 15 de febrero). *10 aplicaciones Android para ingenieros*. Recuperado el 18 de diciembre de 2014, del sitio web de la Escuela abierta de desarrollo de ingeniería y construcción: <http://eadic.com/blog/10-aplicaciones-android-para-ingenieros/>
27. Fernández, J. (2006). *Tipos de dispositivos móviles*. Recuperado el 18 de diciembre de 2014, de http://leo.ugr.es/J2ME/INTRO/intro_4.htm
28. Staff Writers. (2012). *BYOD Classroom Experiments (and What We've Learned From Them So Far)*. [Mensaje de un blog]. Recuperado el 28 de diciembre de 2014, de: <http://www.onlineuniversities.com/blog/2012/07/10-byod-classroom-experiments-and-what-weve-learned-from-them-so-far/>

29. UNESCO (2013). *Directrices para las políticas de aprendizaje móvil*. Recuperado el 28 de diciembre de 2014, del sitio web de la UNESCO: <http://unesdoc.unesco.org/>
30. Android Studio (s.f). *Dashboards*. Recuperado el 2 de junio de 2015, de: https://developer.android.com/intl/es/about/dashboards/index.html?utm_source=suzunone
31. AndroidPlot (s.f). *AndroidPlot*. Recuperado el 3 de junio de 2015, de: <http://androidplot.com/>

ANEXOS

ANEXO 1

Manual de instalación de la aplicación Elástica Clebsch

a) Mediante el archivo apk de la aplicación

1. Abrir menú Configuración del dispositivo móvil.
2. Entrar en Seguridad.
3. Activar la opción que permita instalar aplicaciones no obtenidas de Google Play, generalmente se encuentra como: “Fuentes desconocidas”
4. Enviar el archivo app-debug.apk de la App por email.
5. Descargar el archivo en el dispositivo.
6. Una vez descargado hacer click sobre él y seleccionar: “Permitir instalar”
7. Luego de instalar la aplicación se recomienda deseleccionar la opción que permite instalar aplicaciones que no sean obtenidas de Google Play, es decir que provengan de fuentes desconocidas. Para esto debe seguir los mismos pasos que anteriormente, entrar en el menú Configuración -> Seguridad.

b) Desde Play Store

1. Entrar en Play Store desde el dispositivo donde se desea instalar la aplicación.
2. Buscar en el navegador: ***Elástica Clebsch***
3. Hacer click en la aplicación ***Elástica Clebsch*** una vez que aparezca
4. Hacer click en el botón **Instalar**
5. Una vez descargada la aplicación puede proceder a abrirla.

ANEXO 2

Manual de usuario de la aplicación Elástica Clebsch

INTRODUCCIÓN

La aplicación **Elástica Clebsch** es una herramienta de cálculo para dispositivos móviles con sistema operativo Android, la cual fue diseñada para calcular y graficar la curva elástica de vigas isostáticas. Para ello es necesario introducir en la herramienta la configuración que se desea estudiar, a través de sus diferentes pantallas o interfaces.

Consideraciones generales:

- Es indispensable que cada valor introducido se valide, quiere decir que se presionen los botones a medida que se van introduciendo los datos, y en la forma que fue establecido en este manual. De lo contrario la aplicación puede arrojar resultados que no sean los correctos.
- Si la aplicación por alguna razón se detiene se mostrará un mensaje que afirme que la aplicación **Elástica Clebsch** dejó de funcionar, por lo que deberá presionar **Aceptar**, y deberá volver a la pantalla inicial de introducción de datos de la sección estudiada, para así retomar el ejercicio.
- Cada vez que finalice un ejercicio antes de abandonar la aplicación se recomienda volver al Inicio.
- Las configuraciones posibles de estudiar con la aplicación se muestran a continuación en la Figura 2-1. Según como se observa en dicha figura, para las configuraciones b) y c) puede existir el caso en el cual $a = L$. De igual forma se muestra cómo para las tres configuraciones mostradas el vínculo inicial podría encontrarse al final del elemento.

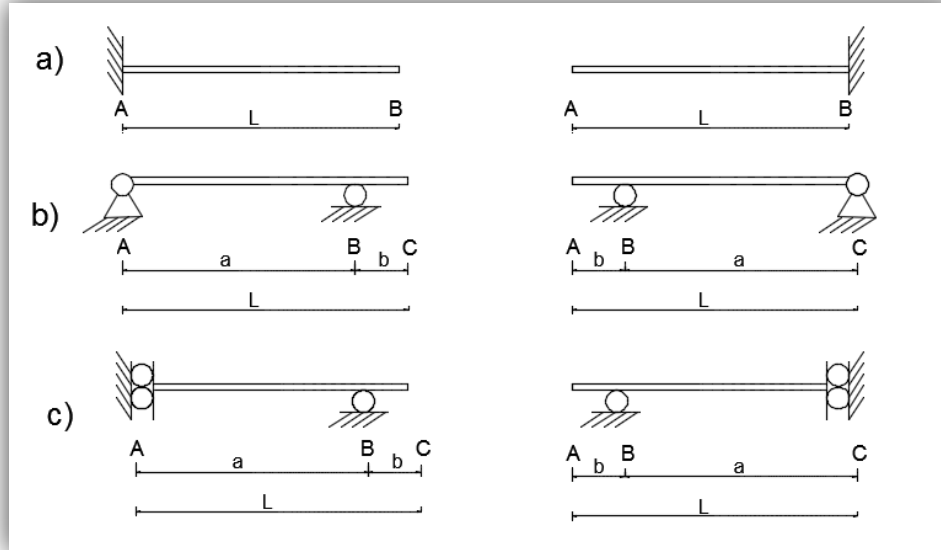


Figura 2 - 1. Configuraciones posibles de estudiar con **Elástica Clebsch**

A continuación en dicho manual de usuario se detallará cada paso que debe ejecutarse para poder llevar a cabo el estudio utilizando la aplicación, a su vez se ilustrará con imágenes la correcta introducción de los datos en dicha aplicación mediante la resolución de un problema propuesto. Dicho problema propuesto se muestra a continuación en la Figura 2-2, está basado en un ejercicio de la literatura (Hibbeler, 2006). El mismo consiste en una viga simplemente apoyada de longitud 8m, que se encuentra sometida a dos cargas, una linealmente distribuida de $2T/m$ que comienza al inicio de la viga y finaliza a una distancia de 4m, y una carga puntual aplicada a 4m del inicio de la viga, de $8T$. En el mismo se pide calcular el ángulo de rotación al inicio de la viga denominado θ_a y la elástica en el punto C denominada en este caso v_c . Para efectos de mostrar todas las funciones de la aplicación **Elástica Clebsch**, se insertarán los datos de Módulo de Elasticidad ($E=252671Kgf/cm^2$, para un $f'c=280 Kgf/cm^2$) e Inercia ($I_z=16000cm^4$).

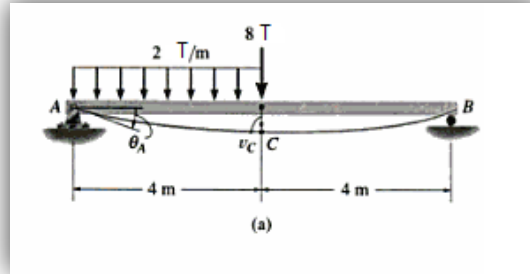


Figura 2 - 2. Configuración del ejercicio a resolver (Fuente: Hibbeler, 2006).

1. Pantalla “Inicio”

En la primera pantalla de la aplicación se muestra el sistema de referencia usado, lo cual es imprescindible, se debe tener presente en todo momento y a lo largo de la resolución del problema. Para comenzar el estudio del sistema el usuario debe establecer si desea realizar el estudio completo o no, si desea realizarlo debe activar el Switch de **Estudio completo**, esto activará los renglones de E (Módulo de Elasticidad del material e I_z (Inercia de la sección transversal del elemento), datos que el usuario debe insertar seguido de la Longitud de la viga a estudiar. En caso contrario, si el usuario no desea realizar el estudio completo sólo debe introducir el valor de la longitud de la viga. Al realizar el estudio completo el usuario obtendrá tanto los valores de la elástica multiplicados por la rigidez a flexión ($\alpha_{(x)}EI_z$, $Y_{(x)}EI_z$) así como los valores reales de la elástica. En el caso de no realizar el estudio completo sólo podrá obtener los valores multiplicados por la rigidez a flexión. Cualquiera que sea el caso, luego de introducir la longitud debe presionar el botón de **Insertar**. La longitud de la viga debe ser menor o igual a diez metros. Al presionar dicho botón se valida la longitud introducida y se pasa a la próxima pantalla de la aplicación, referente a las unidades de vinculación. En caso contrario, si la longitud introducida no es válida, el programa le arrojará un mensaje de: “Valor no válido” y no podrá continuar a la próxima pantalla.

A continuación en la Figura 2-3 se muestra el funcionamiento de dicha pantalla inicial mediante la introducción de los datos del problema mostrado en la Figura 2-1.

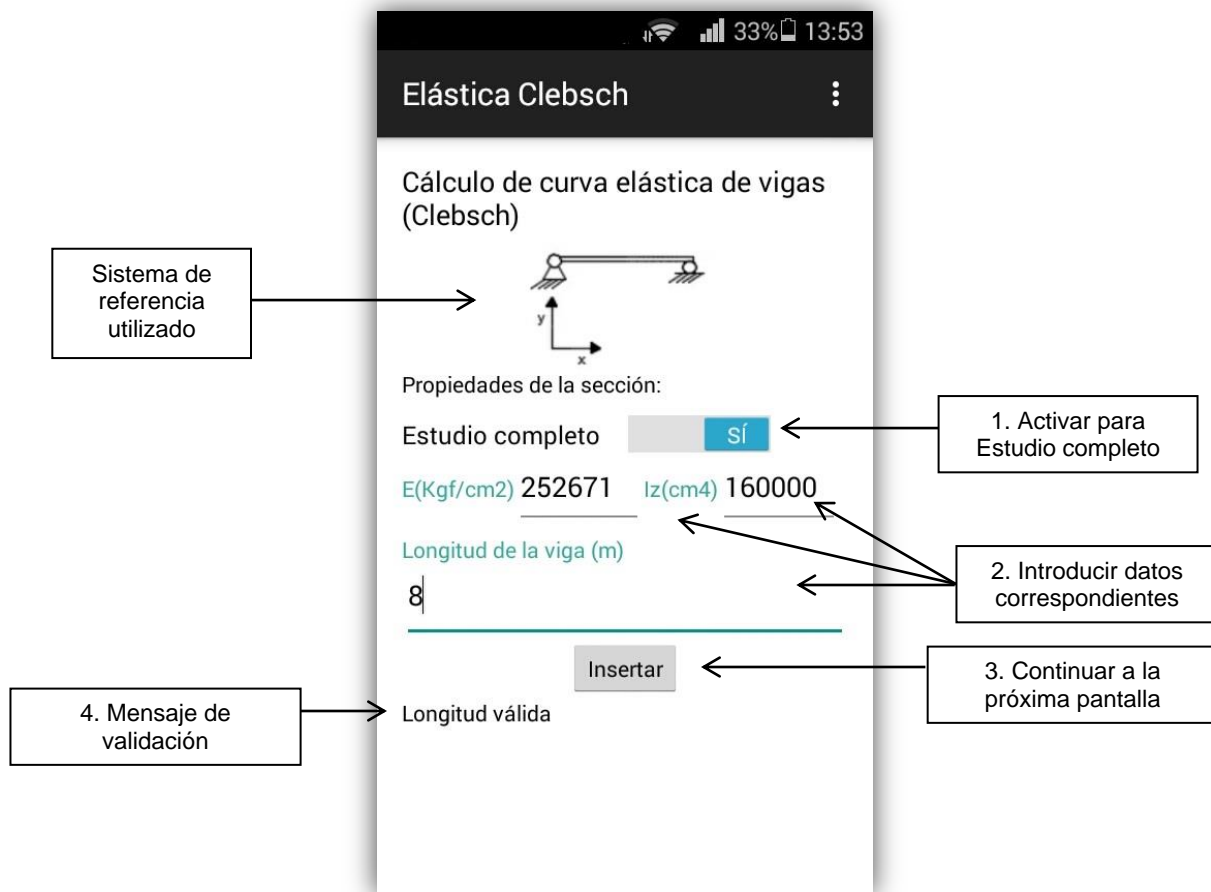


Figura 2 - 3. Funcionamiento de pantalla Inicio de la aplicación

2. Pantalla “Apoyos”

En dicha pantalla se introducen las características de las unidades de vinculación presentes en el sistema. Por tratarse de un sistema isostático, las unidades de vinculación están limitadas a máximo dos, y ello se ve reflejado en la interfaz debido a que sólo es posible insertar información de dos vínculos. En esta pantalla se manejan diferentes variables, por lo cual se debe validar cada dato introducido, de igual forma es importante mencionar que la pantalla se divide en dos partes, siendo la primera parte para el vínculo uno y la segunda para el vínculo dos. Se recomienda introducir los vínculos según el orden que presentan en el sistema a estudiar. A continuación se describen los pasos a seguir para la introducción de datos en el sistema.

1. Introducir la posición del primer vínculo según el sistema de referencia establecido y la longitud de la viga en estudio.

2. Seleccionar el botón **OK** que se encuentra al lado de donde se introdujo la posición con el fin de validar la posición del primer vínculo, al hacer esto y según el valor introducido se desbloquearán los botones de los vínculos y restricciones que el usuario puede seleccionar.

3. Debe seleccionar el vínculo que desea colocar o si prefiere hacerlo puede seleccionar directamente las restricciones de desplazamiento que desea implementar. Al seleccionar cualquier vínculo se marcarán automáticamente las restricciones que este genera en el elemento. Tal como se muestra en la Figura 2-1 los vínculos disponibles en la aplicación son: empotramiento fijo, articulación fija, empotramiento móvil y rodillo (consultar Tabla 3), y a su vez las restricciones generadas según cada caso son: restricción en x (movimiento horizontal), restricción en y (movimiento vertical) y restricción de alfa (rotación del elemento). Al seleccionar el tipo de vínculo o restricción aplicada debe hacer click en **Aceptar**. Al hacer esto se mostrará la condición de borde generada por la restricción introducida en color rojo y dependiendo de las restricciones generadas el programa le permitirá introducir los datos del segundo vínculo o le hará pasar a la siguiente pantalla al pulsar en el botón **Cargas**.

4. Si el segundo vínculo existe, debe repetir el procedimiento ejecutado para el vínculo uno, en la zona correspondiente al vínculo dos. Debe introducir la posición de dicho vínculo y presionar el botón **OK** para validar dicha posición.

5. Una vez validada la posición, debe seleccionar el tipo de vínculo o las restricciones generadas en la viga por dicho vínculo y hacer click en **Aceptar**. Nuevamente se mostrará en color rojo la condición de borde generada y podrá hacer click en el botón **Cargas** para continuar a la próxima pantalla.

A continuación en la Figura 2-4 se muestra el funcionamiento de dicha pantalla.

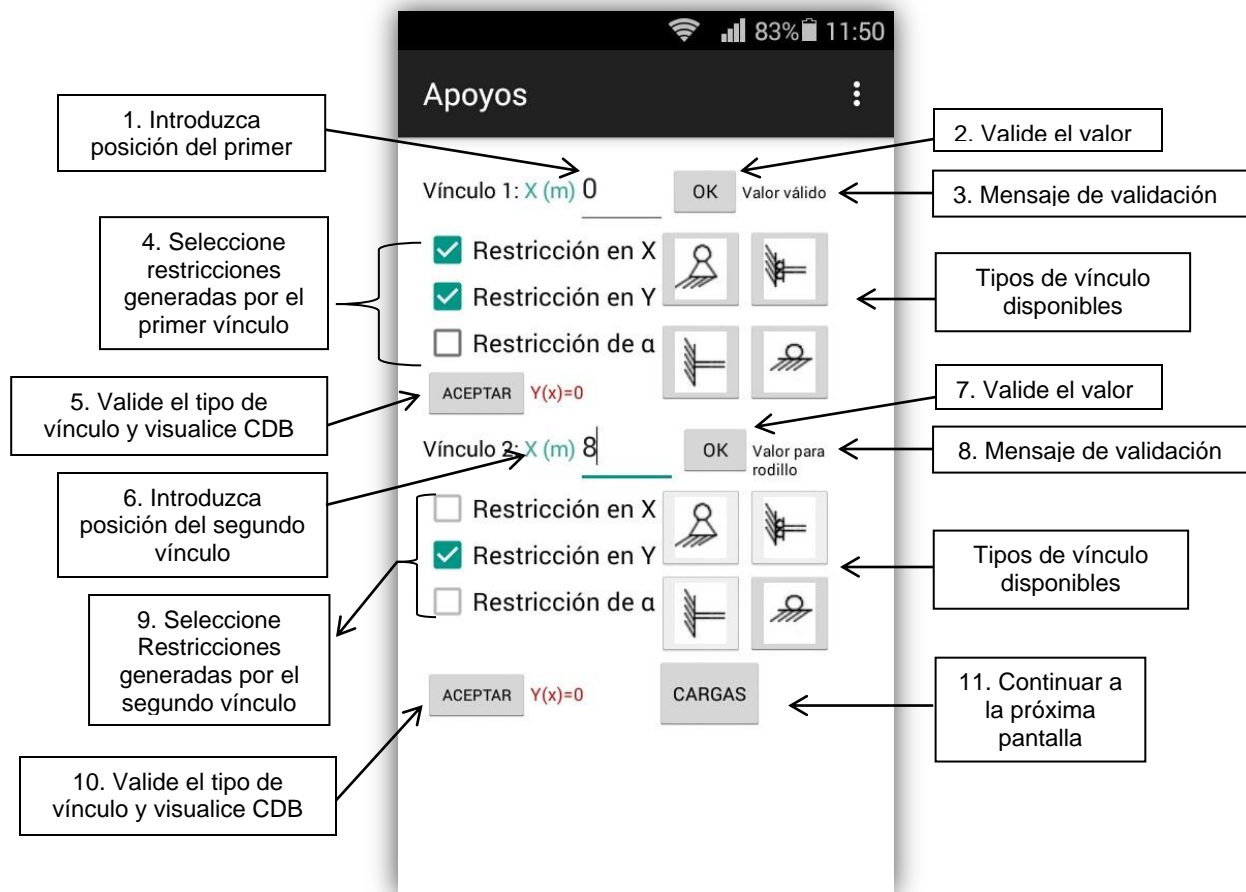


Figura 2 - 4. Funcionamiento de pantalla Apoyos de la aplicación.

3. Pantalla “Cargas”

En la pantalla Cargas podrá manejar lo relacionado a cargas aplicadas al elemento en estudio. Al igual que en el caso de la pantalla Apoyos, debe validarse cada opción introducida lo cual permitirá el almacenamiento de datos y continuar con el modelo. De igual forma se recomienda introducir las cargas en el orden que aparecen en el modelo, con el fin de llevar un mayor control sobre cuáles fueron introducidas. A continuación se describen los pasos a seguir para la introducción de datos en el sistema.

1. Debe introducir el número de cargas aplicadas donde dice “Nro. de cargas aplicadas” y presionar **Insertar**.
2. A continuación se inicia en la pantalla un contador, el cual muestra cuál carga se está introduciendo. Se establece entonces la posición de la carga en metros y el tipo de carga,

esto se hace mediante una lista desplegable la cual contiene tres opciones: puntual, lineal distribuida y momento. Al introducir dichos datos se validan al hacer click en **OK**.

3. El programa mostrará según la opción introducida del tipo de carga un nombre genérico para dicha carga y las unidades en la cual se debe introducir el valor de la carga (Puntual P[T], Lineal distribuida $q[T/m]$, Momento $M[Tm]$). De igual forma al escoger el tipo de carga, la aplicación mostrará un mensaje referente a la convención de signos utilizada para la carga escogida con el fin de informar al usuario y permitir que se realice la correcta introducción de los datos. El usuario debe introducir el valor de la carga y presionar el botón de **Agregar**, para finalmente adicionar dicha carga al sistema.

4. Si el número de cargas es mayor a 1, el contador aumentará al número siguiente y debe realizarse el mismo proceso mencionado anteriormente, así para cada una de las cargas hasta que se hayan adicionado la totalidad de ellas.

5. Si el tipo de carga a introducir es de tipo lineal distribuida, además del valor de la carga el programa solicitará que se introduzca la longitud de la misma en metros, la cual, naturalmente, sumada a la posición de dicha carga no debe exceder la longitud de la viga en estudio, de lo contrario el programa arrojará una advertencia y deberá introducir de nuevo los valores.

A continuación en la Figura 2-5 se muestra el funcionamiento de dicha pantalla.

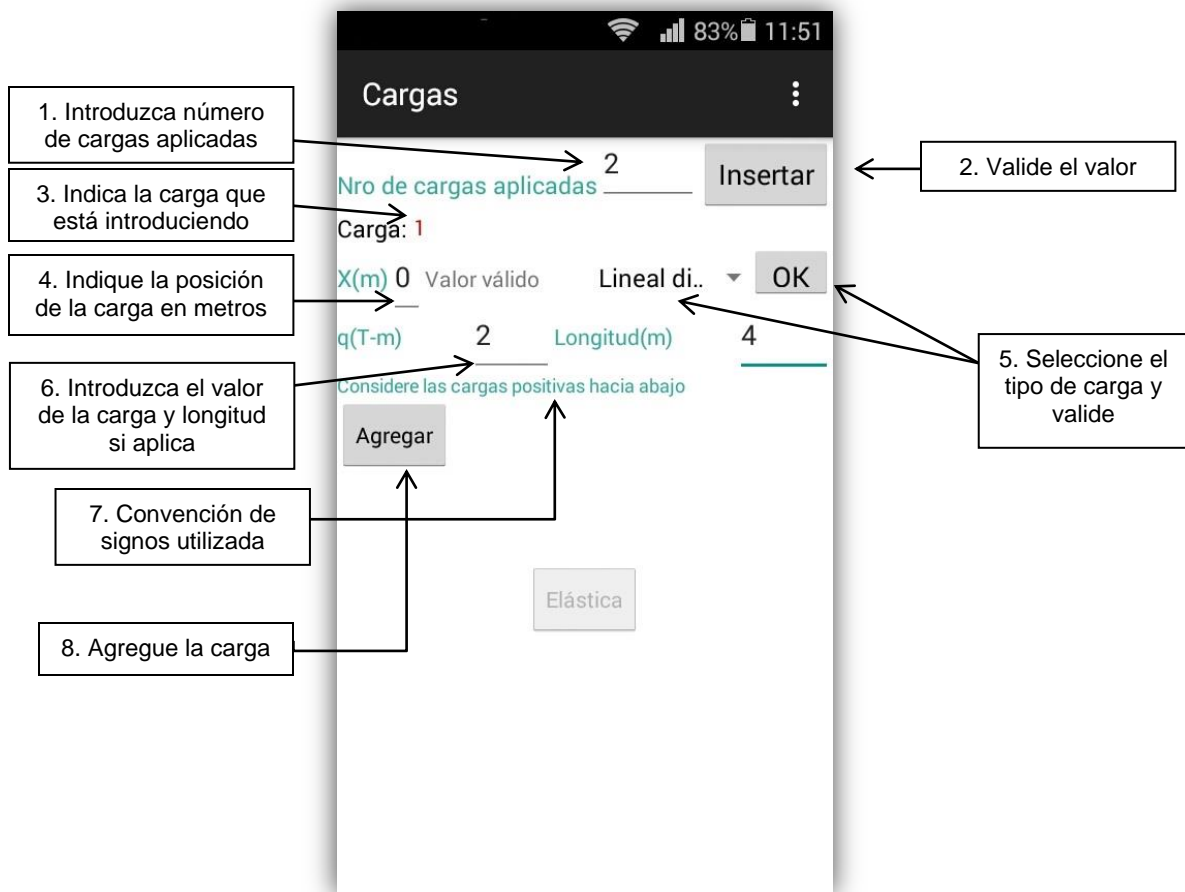


Figura 2 - 5. Funcionamiento de pantalla Cargas de la aplicación.

6. Una vez introducidas todas las cargas el programa le mostrará un mensaje de Resumen de Cargas en donde aparecerán todas las cargas que fueron introducidas y su posición. Luego de verificar que las cargas fueron introducidas de manera correcta seleccione **OK** y volverá a la pantalla de Cargas la cual indicará que ha culminado de introducir las cargas y mostrará las reacciones del sistema que han sido calculadas junto con su ubicación. Una vez mostrado dicho resultado debe hacer click en **Elástica** para proceder a la próxima pantalla. En el caso de no haber introducido correctamente las cargas deberá volver a entrar a dicha pantalla y repetir el proceso.

A continuación en la Figura 2-6 se muestra la finalización del proceso de introducción de las cargas con el resumen de las mismas, y la visualización de las reacciones calculadas.

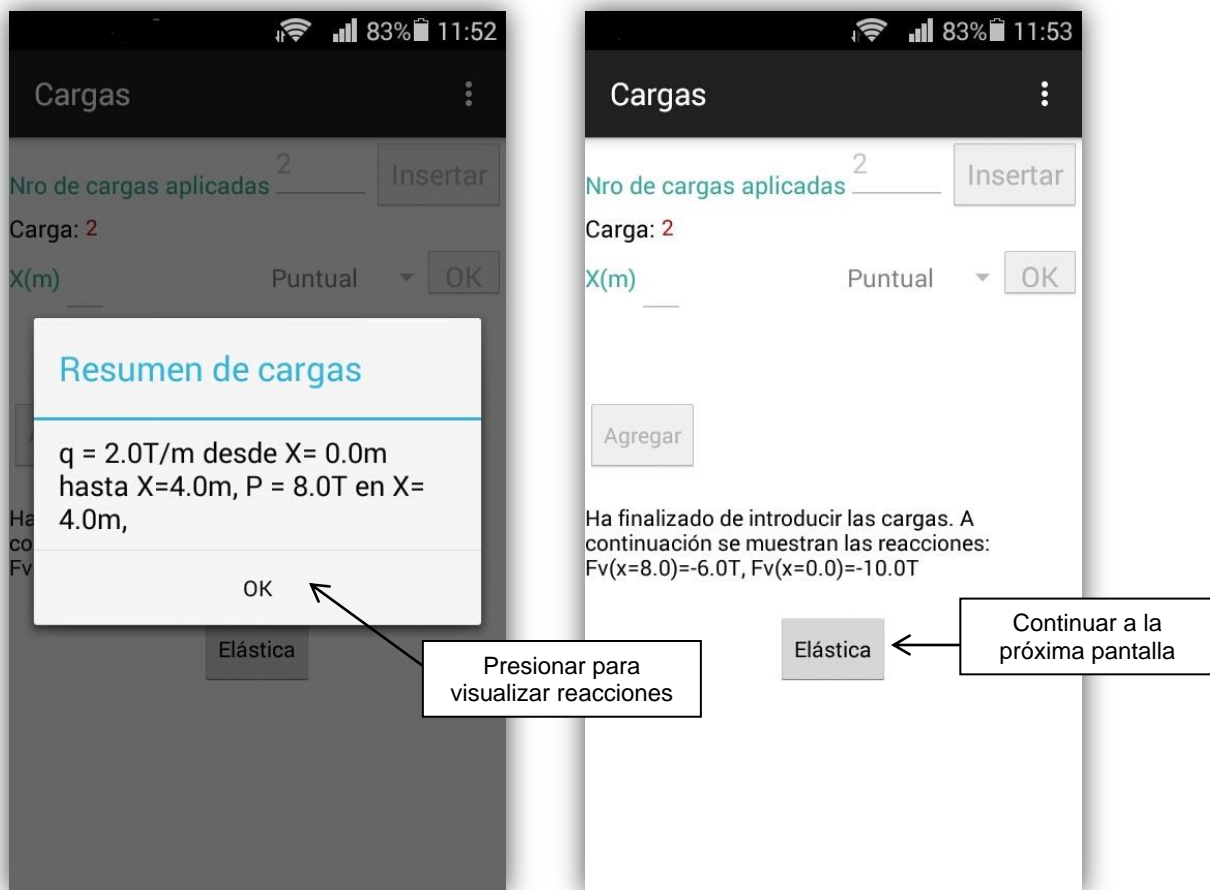


Figura 2 - 6. Finalización de proceso de introducción de Cargas.

Pantalla “Resultados”

En dicha pantalla el programa mostrará en color rojo los resultados obtenidos referentes al estudio de la elástica del elemento en cuestión.

1. Al abrir la pantalla se mostrarán las constantes de integración C1 y C2.
2. A continuación se muestran los valores de la pendiente de la curva elástica ($\alpha(x)$) y la elástica ($Y(x)$) para las longitudes notables, esto quiere decir los puntos donde hayan cargas aplicadas, el inicio y final de la viga. Como se mencionó en la Pantalla Inicio, si el usuario escogió la opción de **Estudio completo** en la pantalla Resultados podrá ver las dos modalidades de resultados: los valores multiplicados por la rigidez a flexión o los resultados finales. Para esto debe seleccionar cuál de los dos desea ver, y luego hacer

click en **Ver próximos**, botón que debe presionar para que la aplicación vaya mostrando los resultados a cada una de las distancias $X(m)$ correspondientes.

3. Bajo dichos valores de la pendiente de la curva elástica y la elástica, la aplicación también mostrará los valores de elástica máximos (positivo y negativo) y las distancias a las cuales se obtuvieron dichos valores.

4. Finalmente se tiene la opción de calcular tanto el valor de momento, como la pendiente de la curva elástica (o el ángulo de rotación) y la elástica a una distancia cualquiera, para esto el usuario debe introducir a qué distancia desea calcular dichos valores y al presionar en el botón **Calcular** la aplicación mostrará los resultados.

5. En esta pantalla se tiene la opción de visualizar las ecuaciones de la elástica y del ángulo de rotación de la misma, para ello el usuario debe hacer click en los botones **Y(x)** y **Alfa(x)** respectivamente, esto lo llevará a la pantalla solicitada. Luego de visualizar las ecuaciones el usuario debe hacer click en **Volver** para retornar a la pantalla "Resultados" y continuar con el ejercicio.

6. Para pasar a la última pantalla el usuario debe hacer click en el botón **Diagramas**.

A continuación en la Figura 2-7 se muestra la pantalla Resultados en donde se pueden observar los valores arrojados del estudio en el comienzo de la viga ($X=0m$), luego en la Figura 2-8 se visualizan los resultados para una distancia de 4m desde el inicio de la viga ($X=4m$), y en la Figura 2-9 se muestran los resultados reflejados en el texto.

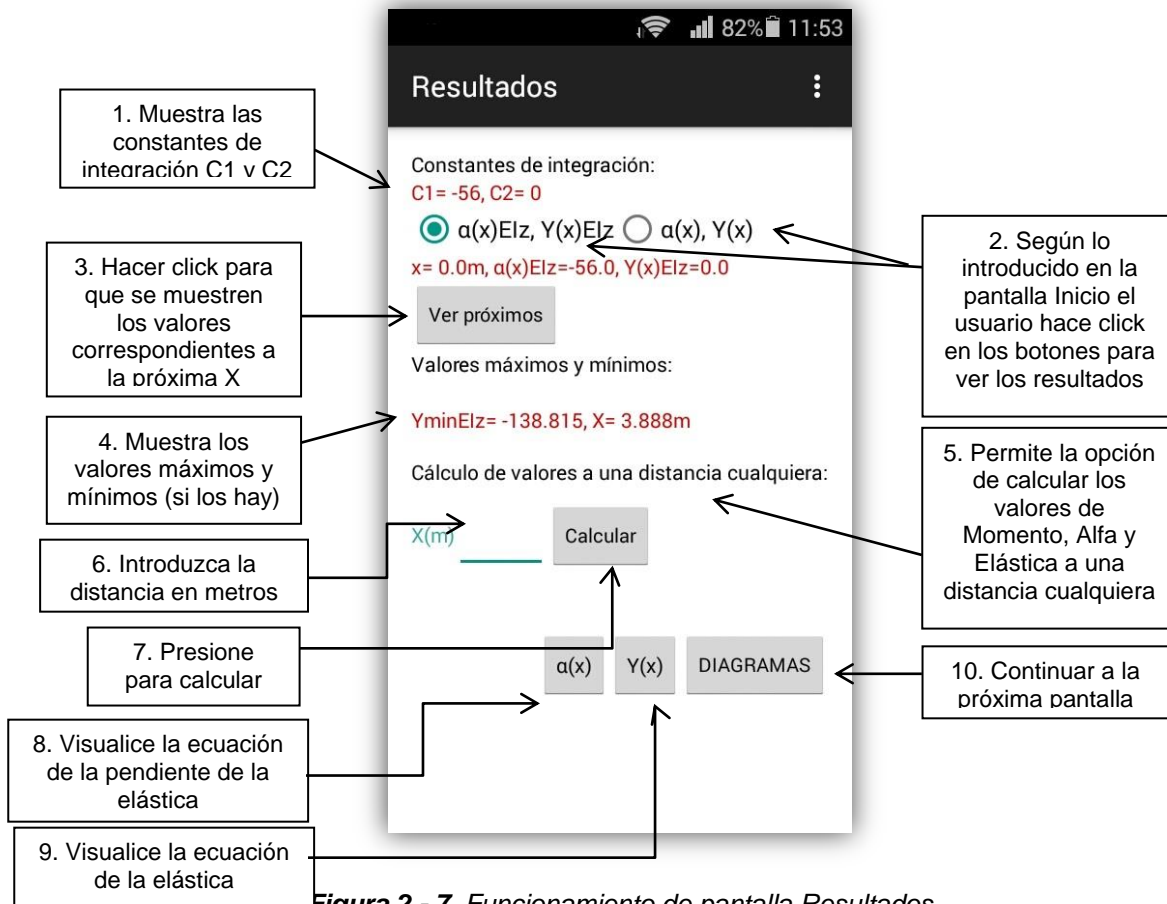


Figura 2 - 7. Funcionamiento de pantalla Resultados

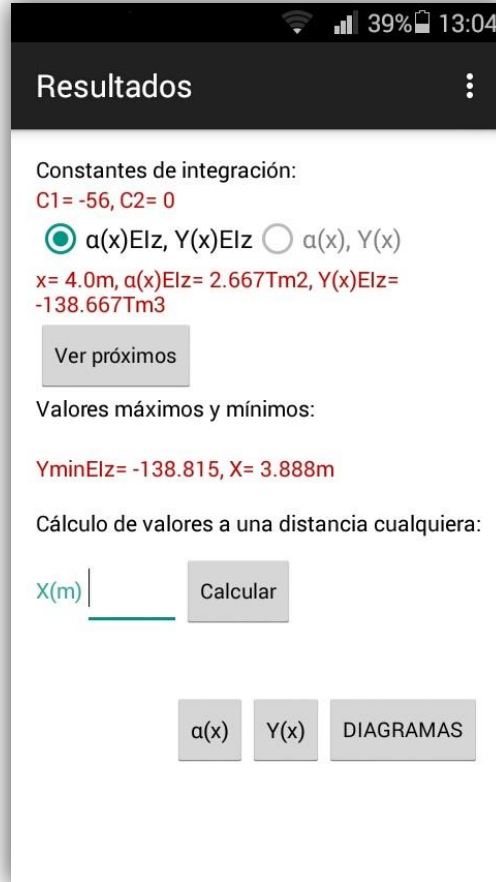


Figura 2 - 8. Visualización de resultados ejercicio resuelto

$$\theta_A = (\theta_A)_1 + (\theta_A)_2 = \frac{56 \text{ T} \cdot \text{m}^2}{EI} \downarrow$$

$$v_C = (v_C)_1 + (v_C)_2 = \frac{139 \text{ T} \cdot \text{m}^3}{EI} \downarrow$$

Figura 2 - 9. Resultados del ejercicio resuelto. (Fuente: Hibbeler, 2006)

Según lo observado en las Figuras 2-7 y 2-8, se puede afirmar que los resultados obtenidos son similares a los mostrados en la Figura 2-9, en la cual se muestra el valor de la pendiente de la elástica en el punto A ($X=0\text{m}$) como $\theta_a=56\text{Tm}^2/EI_z$, y el valor de la elástica en el punto C ($X=4\text{m}$) como $v_c=139\text{Tm}^3/EI_z$. La diferencia entra las cifras

obtenidas con la aplicación se debe a la cantidad de decimales mostrados, ya que no se redondea el valor.

4. Pantalla “Diagramas”

En esta pantalla el usuario podrá observar los diagramas obtenidos del estudio realizado, se muestran los diagramas de: Fuerza cortante (V_y), Momento flector (M_z), ángulo de rotación Alfa por la rigidez a flexión ($\alpha(x)EI_z$) y Elástica por la rigidez a flexión ($Y(x)EI_z$). Al entrar en la pantalla aparecerá un mensaje automático en el cual se establece que si existe una carga puntual y/o un momento aplicado, los diagramas respectivos tendrán un salto vertical. De igual forma se muestra una nota en la cual se establece que la línea blanca representa la división de los valores positivos a los negativos, y que los valores de $Y(x)$ son negativos hacia debajo de dicha línea y viceversa. De igual forma en la nota se nombran los diagramas por orden de aparición.

Para volver al inicio el usuario debe hacer click en el botón **Inicio**, donde podrá comenzar un nuevo ejercicio. Si no desea comenzar un nuevo ejercicio se recomienda igualmente volver al Inicio antes de cerrar la aplicación, puesto que si no lo hace al cerrar la aplicación y abrirla nuevamente ésta puede arrojar un mensaje que establezca que dejó de funcionar. Si esto ocurre deberá presionar Aceptar hasta que la aplicación le permita volver a alguna de sus pantallas. A continuación en la Figura 2-10 se muestra la pantalla correspondiente a los diagramas. Con esto finaliza la demostración del manual de uso de la aplicación ***Elástica Clebsch***.

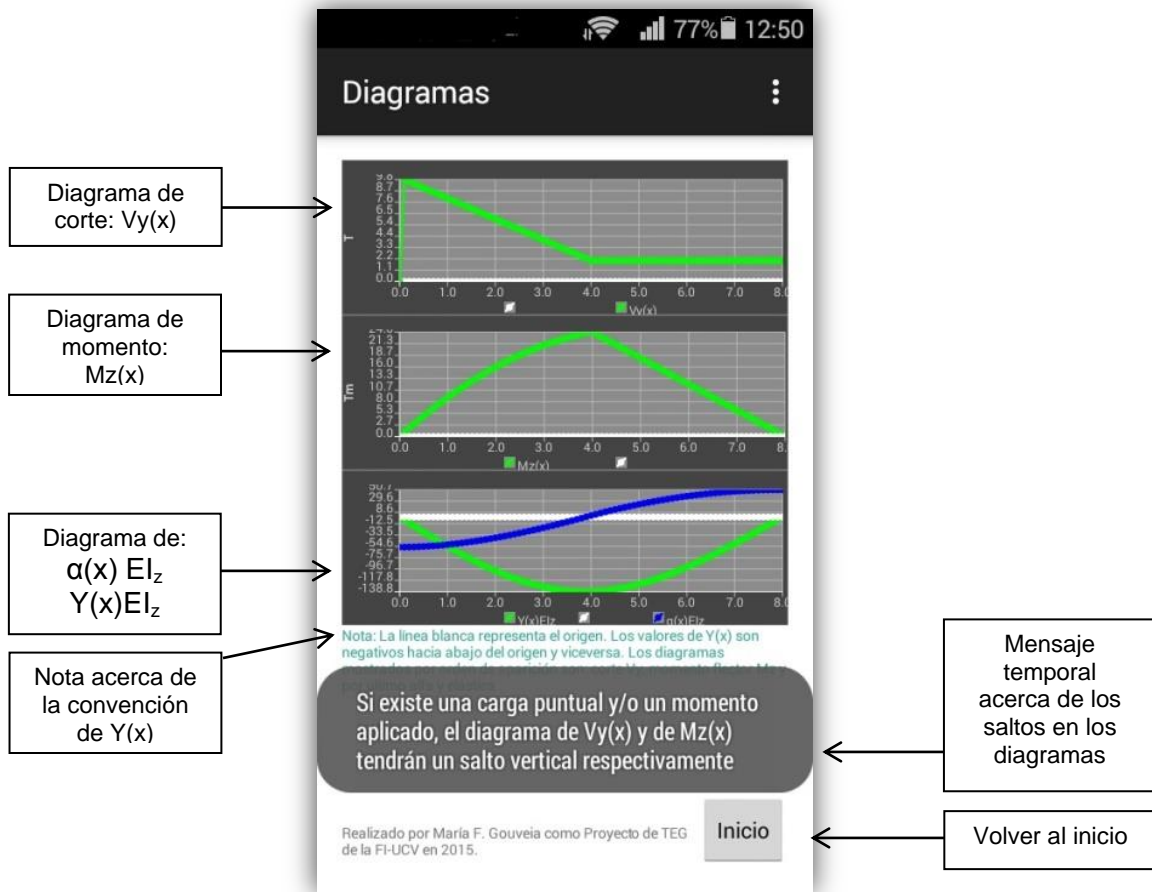


Figura 2 - 10. Funcionamiento de pantalla Diagramas

ANEXO 3

Descripción de clases de “Elástica Clebsch”

Como se describió en dicho Trabajo Especial de Grado, la aplicación ***Elástica Clebsch*** consta de tres clases principales que contienen el manejo de variables y datos del programa. En este Anexo se exponen dichas clases donde lo primero a declarar son sus atributos, luego los constructores, y finalmente los métodos pertenecientes a cada clase. A continuación en la Figura 3-1 se muestra la clase principal del programa Viga.

Clase Viga

```
public class viga {
    private static double longitud;
    private static double ModElast;
    private static double Inercia;
    private static boolean completo;
    public Restriccion apoy = new Restriccion();
    public Cargas2 car=new Cargas2();
    private static double j;
    private static double alpha[][];
    private static int priDer;
    private static double Y[][];
    private static int segDer;
    private static float grafica[][];
    private static float notables[][];
    private static float momento[][];
    private static float corte[][];
    private static int distrib;

    public static void iniciAlpha(int c){alpha=new double[c][3];}
    public static void iniciY(int c){Y=new double[c][3];}
    public static void inicigrafica(int c){grafica=new float[c][5];}
    public static void inicinot(int c){notables=new float[c][3];}
    public static void inicimom(int c){momento=new float[c][3];}
    public static void inicicorte(int c){corte=new float[c][3];}
    public static void setLongitud(double valorLongitud) { longitud = valorLongitud; }
    public static void setModElast(double valorModElast){ModElast=valorModElast;}
    public static void setInercia(double valorInercia){Inercia=valorInercia;}
    public static void setJ(double valorj){j=valorj;}
    public static void setAlpha(int ca,int p,double valor){alpha[ca][p]=valor;}
    public static void setPriDer(int ca){priDer=ca;}
    public static void setY(int ca, int p, double valor){Y[ca][p]=valor;}
    public static void setSegDer(int ca){segDer=ca;}
    public static void setGrafica(int pos,int xy,float valor){grafica[pos][xy]=valor;}
    public static void setNotables(int pos, int xy, float valor){notables[pos][xy]=valor;}

    public static double getLongitud() { return longitud; }
    public static double getModElast(){return ModElast;}
    public static double getInercia(){return Inercia;}
    public static double getJ(){return j;}
    public static double getAlpha(int ca,int p){return alpha[ca][p];}
    public static int getPriDer(){return priDer;}
    public static int getSegDer(){return segDer;}
    public static double getY(int ca, int p){return Y[ca][p];}
    public static float getGrafica(int pos, int xy){return grafica[pos][xy];}
    public static float getNotables (int pos, int xy){return notables [pos][xy];}
    public static float getMomento(int ca, int p){return momento[ca][p];}
    public static float getCorte(int ca, int p){return corte[ca][p];}
    public static int getDistrib(){return distrib;}
    public static boolean getCompleto(){return completo;}
}
```

Figura 3 - 1. Código de la Clase Viga

A continuación en la Figura 3-2 se muestra la clase Restricción de la aplicación donde se almacena todo lo relacionado a las unidades de vinculación y condiciones de borde del sistema.

Clase Restricción

```
public class Restriccion {
    private static boolean[][] vinculos=new boolean[2][3];
    private static double[] X=new double[2];
    private static double[] alfa=new double[2];
    private static double[] elastica=new double[2];
    private static float [][] fuerzas= new float[2][2];

    public void Restriccion() {}

    public void setVinculos(int f,int res,boolean valor){vinculos[f][res]=valor;}
    public void setX(int v, double dis){X[v]=dis;}
    public void setAlfa(int v, double valor){alfa[v]=valor;}
    public void setElastica(int v, double valor){elastica[v]=valor;}
    public void setFuerzas (int v, int f, float valor){fuerzas[v][f]=valor;}

    public boolean getVinculos(int f, int res){return vinculos[f][res];}
    public double getX(int v){return X[v];}
    public double getAlfa(int v){return alfa[v];}
    public double getElastica (int v){return elastica [v];}
    public float getFuerzas(int v,int f){return fuerzas[v][f];}
}
```

Figura 3 - 2. Código de la Clase Restricción

En la Figura 3-3 mostrada a continuación se muestra la última clase referente al manejo del Método de Clebsch, la clase Cargas.

Clase Cargas

```
public class Cargas2 {
    private static int nrocargas;
    private static double posicion[];
    private static boolean tipo[][];
    private static double vcarga[];
    private static double longi[];
    private static double xo[];
    private static double xf[];
    private static double mom[];
    private static double Av, Bv, fvb, fva;

    public void Cargas2() {}
} public void CargasInicializar(int carg) {
    nrocargas=carg;
    posicion = new double[carg];
    tipo= new boolean[carg][3];
    vcarga = new double[carg];
    xo=new double[carg];
    xf=new double[carg];
    longi =new double[carg];
    mom=new double[carg];
    Av=0;
    Bv=0;
}

public void setNrocargas (int valornrocargas){nrocargas=valornrocargas;}
public void setPosicion (int n, double valor){posicion[n]=valor;}
public void setTipo(int n, int t, boolean valor){tipo[n][t]=valor;}
public void setValorcarga(int n, double valor){vcarga[n]=valor;}
public void setInicioDist (int n, double valor){xo[n]=valor;}
public void setFinalDist (int n, double valor){xf[n]=valor;}
public void setLongi (int n, double valor){longi[n]=valor;}
public void setMom(int n, double valor){mom[n]=valor;}
public void setAv(double vertical){Av=vertical+Av;}
public void setBv(double vertical){Bv=vertical+Bv;}
public void setFvb(double valor){fvb=valor;}
public void setFva(double valor){fva=valor;}

public int getNrocargas () {return nrocargas;}
public double getPosicion(int n){return posicion[n];}
public boolean getTipo(int n,int t){return tipo[n][t];}
public double getValorcarga(int n){return vcarga[n];}
public double getInicioDist (int n){return xo[n];}
public double getFinalDist (int n){return xf[n];}
public double getLongi (int n){return longi[n];}
public double getMom(int n){return mom[n];}
public double getAv(){return Av;}
public double getBv(){return Bv;}
public double getFvb(){return fvb;}
public double getFva(){return fva;}
}
```

Figura 3 - 3. Código de la Clase Cargas

En las Figuras 3-4 y 3-5 se procede a mostrar el código correspondiente a la ejecución del Método de Cramer, el cual fue utilizado para calcular las constantes de integración C1 y C2 del Método de Clebsch.

Método de Cramer

```
private void CramerCall(){
    double sumat1 = 0;
    double sumat2 = 0;
    double px1 = 0, px2 = 0;
    boolean sw = false;

    if (vg.apoy.getVinculos(0, 2) || vg.apoy.getVinculos(1, 2)) {
        if (vg.apoy.getVinculos(0, 0) && vg.apoy.getVinculos(0, 1) && vg.apoy.getVinculos(0, 2)){
            px1=vg.apoy.getX(0);
            px2=vg.apoy.getX(0);
            sw=true;
        }

        else if (vg.apoy.getVinculos(0, 2)) {
            px2 = vg.apoy.getX(1);
            px1 = vg.apoy.getX(0);

            sw = true;
        } else if (vg.apoy.getVinculos(1, 2)) {
            px2 = vg.apoy.getX(0);
            px1 = vg.apoy.getX(1);

            sw = true;
        }
    } else {
        px1 = vg.apoy.getX(0);
        px2 = vg.apoy.getX(1);
        sw = false;
    }

    if (sw) {
        for (i = 1; i < vg.getPriDer() + 1; i++) {
            if (px1 - vg.getAlpha(i, 1) > 0) {
                sumat1 = sumat1 + vg.getAlpha(i, 0) * Math.pow((px1 - vg.getAlpha(i, 1)), vg.getAlpha(i, 2));
            }
            if (px2 - vg.getY(i + 1, 1) > 0) {
                sumat2 = sumat2 + vg.getY(i + 1, 0) * Math.pow((px2 - vg.getY(i + 1, 1)), vg.getY(i + 1, 2));
            }
        }
    }
}
```

Figura 3 - 4. Código del Método de Cramer Parte 1

```

    vg.setAlpha(0, 0, sumat1);
    vg.setY(0, 0, sumat1);
    sumat2 = (sumat2 * (-1) + (vg.getY(0, 0) * px2));
    sumat2 = sumat2 * (-1);
    vg.setY(1, 0, sumat2);
} else {
    double det1, det2, det3;
    for (i = 2; i < vg.getPriDer() + 2; i++) {
        if (px1 - vg.getY(i, 1) > 0) {
            sumat1 = sumat1 + vg.getY(i, 0) * Math.pow((px1 - vg.getY(i, 1)), vg.getY(i, 2));
        }
        if (px2 - vg.getY(i, 1) > 0) {
            sumat2 = sumat2 + vg.getY(i, 0) * Math.pow((px2 - vg.getY(i, 1)), vg.getY(i, 2));
        }
    }

    det1 = px1 - px2;
    det2 = sumat1 - sumat2;
    det2 = det2 / det1; //Determinante para C1
    vg.setAlpha(0, 0, det2);
    vg.setY(0, 0, det2);
    det3 = (px1 * sumat2) - (px2 * sumat1);
    det3 = det3 / det1; //Determinante para C2
    vg.setY(1, 0, det3);
}
}
}

```

Figura 3 - 5. Código del Método de Cramer Parte 2

Finalmente se muestra en las Figuras 3-6 y 3-7 el Método de Bisección utilizado para el cálculo de los valores máximos y mínimos de la Elástica.

Método de Bisección

```
private void MetodoBisecCall() {
    double tam = vg.getLongitud() / 0.1;
    float xmayor = 0;
    float xmenor = 0;
    float mayor = 0;
    float menor = 0;
    float pos = 0;
    for (i = 0; i <= tam; i++) {
        if (vg.getGrafica(i, 1) > mayor) {
            mayor = vg.getGrafica(i, 1);
            xmayor = vg.getGrafica(i, 0);
        }
        if (vg.getGrafica(i, 1) < menor) {
            menor = vg.getGrafica(i, 1);
            xmenor = vg.getGrafica(i, 0);
        }
    }

    float evaAlpha = 0.0f;
    float eva = 0.0f;
    double tol = 0.0001;
    boolean sw = true;
    double error = 0.0001;
    int iterations = 100;
    int j = 1;
    float Ypos = 0;
    float Yneg = 0;
    float Xpos = 0;
    float Xneg = 0;
    for (i = 0; i < (vg.getLongitud() / 0.1); i++) {
        if (vg.getGrafica(i, 2) * vg.getGrafica(i + 1, 2) < 0) {
            a = vg.getGrafica(i, 0);
            b = vg.getGrafica(i + 1, 0);
            fa = vg.getGrafica(i, 2);
            fb = vg.getGrafica(i + 1, 2);
        }
    }
}
```

Figura 3 - 6. Código del Método de Bisección Parte 1

ANEXO 4

Creación de aplicación sencilla “Hola Usuario”

A continuación se muestran los pasos a seguir para la creación de una aplicación sencilla, con el fin de establecer el procedimiento inicial a llevar a cabo para tal fin.

1. Creación del proyecto

Luego de instalar el programa Android Studio debe iniciar un nuevo proyecto haciendo click en *File ->New Project*, debe insertar el nombre de la aplicación y proyecto (pueden ser iguales) y el nombre del paquete java donde se almacenarán los archivos java que creamos. Debe realizar las configuraciones iniciales que le pide el programa, tales como versión de plataforma Android, y tipo de pantalla a crear. Una vez introducidas las configuraciones correspondientes al hacer click en Finalizar se crea automáticamente la aplicación.

2. Pantalla de Android Studio

El programa genera la estructura de carpetas del proyecto y todos los ficheros necesarios para el desarrollo de la aplicación, adicionalmente se genera una primera pantalla o *Activity* donde se muestra un mensaje fijo de “*Hello Word*”. Con esto es posible diseñar nuestra pantalla principal modificando la que Android Studio ha creado por defecto. En Android, el diseño y la lógica de una pantalla están separados en dos ficheros distintos. Por un lado, en el fichero */src/main/res/layout/activity_main.xml* tendremos el diseño puramente visual de la pantalla definido como fichero XML y por otro lado, en el fichero */src/main/java/paquete.java/MainActivity.java*, encontraremos el código java que determina la lógica de la pantalla. En el XML de cada pantalla se definen los elementos o controles visuales (*views*) que componen la interfaz de la misma y se especifican todas sus propiedades. El XML de cada pantalla puede modificarse al incluir los controles que ofrece Android Studio ubicados del lado izquierdo del panel, y para utilizarlos basta con arrastrarlos hacia la pantalla y determinar su posición.

A continuación en la Figura 4-1 se muestra la configuración del programa Android Studio y la ubicación de los elementos descritos anteriormente.

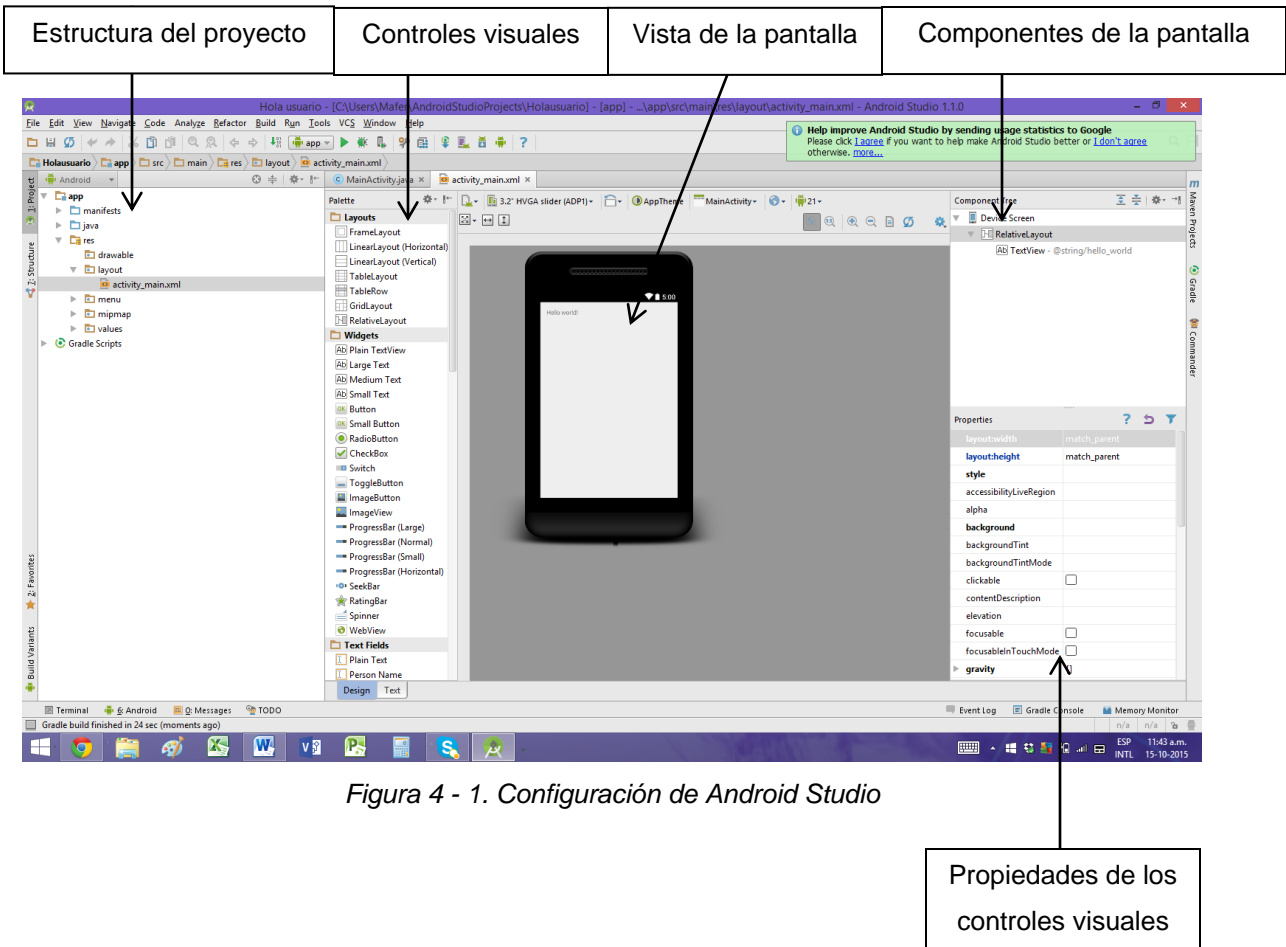


Figura 4 - 1. Configuración de Android Studio

Propiedades de los controles visuales

3. Modificación de pantalla

Para modificar la pantalla generada por Android Studio podremos agregar los controles visuales como se mencionó en el punto anterior (**2. Pantalla de Android Studio**), en este caso sólo cambiaremos el texto definido inicialmente haciendo click en él y modificando sus propiedades.

En el espacio *Properties* -> *Text* se introduce: “Hola usuario” con lo cual se modifica el texto. Otras propiedades a modificar son: tamaño del texto (*TextSize*), color (*TextColor*), la posición del texto (centrado, a la izquierda o derecha), entre muchos otros. Esto dependerá de la apariencia que se desea para la pantalla.

4. Creación de nueva pantalla

Si se desea adicionar nuevas pantallas o *Activities* el usuario debe hacer click derecho en la carpeta *app* -> *New* -> *Activity* -> *Blank Activity* con lo cual se genera una nueva interfaz, acompañada de su clase java correspondiente.

5. Emular la aplicación

Finalmente para observar los resultados obtenidos con el diseño implementado, y verificar el funcionamiento de la aplicación que se ha creado, debe hacer click en *Run 'app'* (ver Figura 4-2), debe escoger el dispositivo donde quiera visualizar su aplicación y se procederá a ejecutar el emulador del programa.

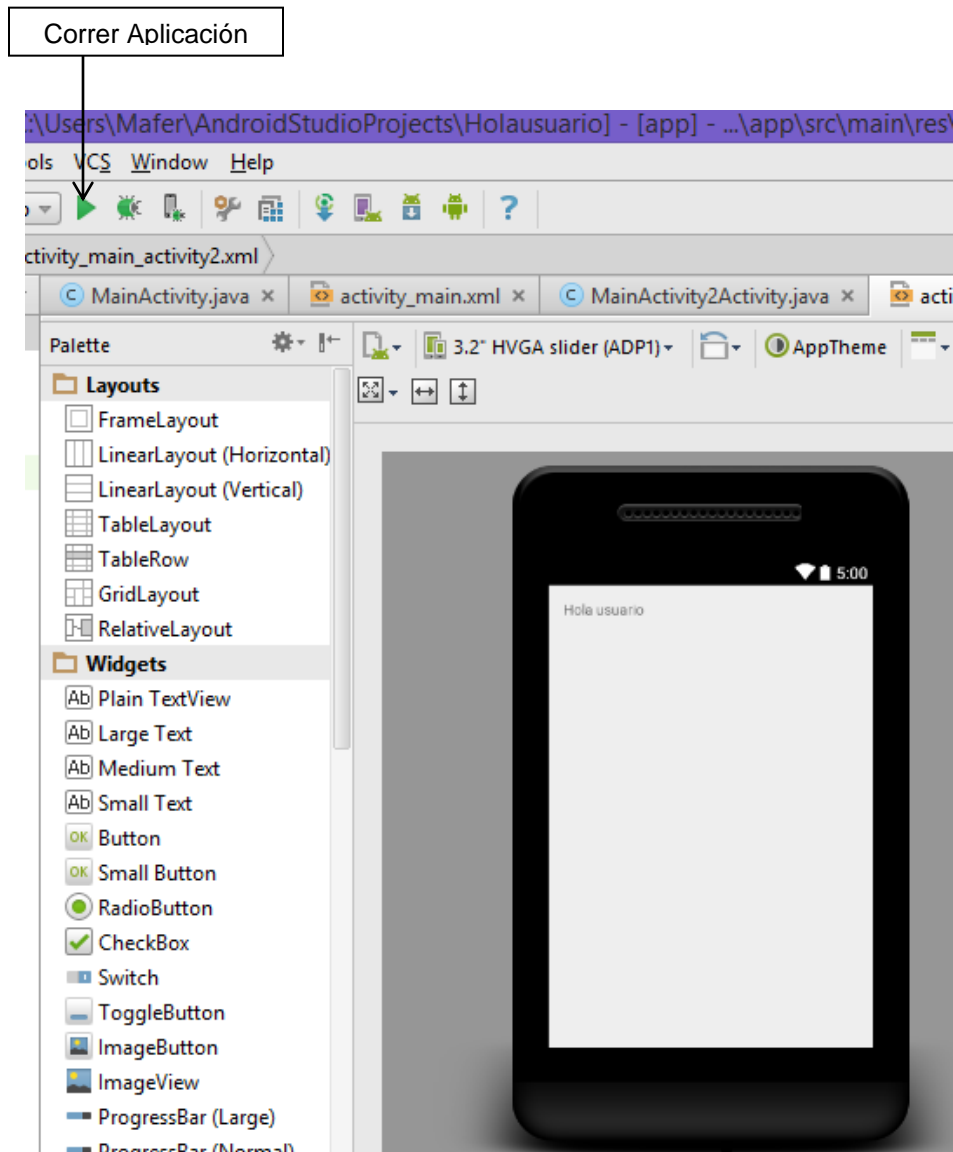


Figura 4 - 2. Botón de correr la aplicación de Android Studio