



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS COMPUTACIONALES

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL MONITOREO DE LA FENOMETRÍA VEGETATIVA DEL MAÍZ AMARILLO, EN LA SIERRA CENTRAL ECUATORIANA.

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros en
Informática y Sistemas Computacionales

AUTORES:

Cando Sarango Diana Aracely

Rojano Guamaní Vladimir Javier

DIRECTORES ACADÉMICOS:

Ing. Mtr. Cantuña Flores Karla Susana

Ing. Dr. José María Bengochea

LATACUNGA – ECUADOR

2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Diana Aracely Cando Sarango** con C.I.: **1725442592** y **Vladimir Javier Rojano Guamaní** con C.I.: **1803948197**, ser los autores del presente proyecto de Investigación: **“Desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo de la fenometría vegetativa del maíz amarillo, en la sierra central ecuatoriana”**, siendo el **Ing. Mtr. Karla Susana Cantuña Flores**, tutor del presente trabajo, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

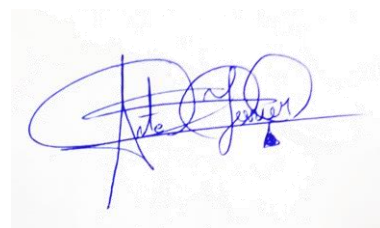
Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Atentamente,



Diana Aracely Cando Sarango

CI: 1725442592



Vladimir Javier Rojano Guamaní

CI: 1803948197

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación con el título:

“Desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo de la fenometría vegetativa del maíz amarillo, en la sierra central ecuatoriana”, de los estudiantes: **Diana Aracely Cando Sarango** y **Vladimir Javier Rojano Guamaní** de la Carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2021

La Tutora



Firmado electrónicamente por:
**KARLA SUSANA
CANTUNA FLORES**

Ing. Mtr. Cantuña Flores Karla Susana

C.C.: 0502305113

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**; por cuanto, los postulantes: **Diana Aracely Cando Sarango y Vladimir Javier Rojano Guamaní**, con el título del proyecto de investigación: **“Desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo de la fenometría vegetativa del maíz amarillo, en la sierra central ecuatoriana”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional

Latacunga, agosto 2021

Lector 1 (Presidente)

Ing. Mg. Quisaguano Collaguazo René
C.C.: 1721895181

Lector 2

Ing. Mg. Chancusig Chasig Juan
C.C.: 0502275779

Lector 3 (Secretario)

Ing. Mg. Iza Carate Miryan
C.C.: 0501957617

AGRADECIMIENTO

Mi más profundo agradecimiento a Dios por haberme permitido cumplir una de mis metas, a la Universidad Técnica de Cotopaxi en especial a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, por haberme acogido en sus aulas y permitirme engrandecer mis conocimientos, brindándome muchas alegrías, no solo por mi más anhelada meta que es mi carrera profesional sino también por conocer a muchas personas especiales que ahora son parte de mi vida, que son mis amigos y amigas.

A las autoridades que con sus acertadas decisiones enrumbaron a mi querida facultad, hacia un mejor mañana y por creer en mi capacidad al brindarme la oportunidad de ser parte de esta familia universitaria.

También quiero agradecer a mis maestros que estuvieron en el transcurso de mi vida universitaria, quienes con sus enseñanzas dejaron grandes huellas, no solo en mi mente, también en mi corazón. Gracias por aportar en mí toda la fuerza y voluntad para finalizar mi carrera.

Y sobre todo quiero agradecerles a mis padres quienes con su apoyo y ánimo me ayudaron a seguir adelante, gracias por enseñarme a ser responsable, gracias por confiar en mí y por todo el esfuerzo que hacen día a día para que yo sea una mejor persona y salga adelante.

Diana Cando

DEDICATORIA

El presente documento es símbolo de gratitud hacia Dios a quien le agradezco por su infinita gracia, misericordia, amor, porque cuando sentí que no podía más él me dio fuerzas para continuar.

También hacia mis padres, quienes siempre me han apoyado y han estado junto a mí en cada uno de mis pasos, ustedes que han estado ahí sacándome una sonrisa y dándome ánimo para continuar, gracias por secar mis lágrimas y hacerme ver que todo lo que sucede es para obtener un bien mejor, gracias por todo el esfuerzo que han hecho día a día por darme todo lo que necesito para seguir adelante.

Para ustedes los dos seres más importantes de mi vida Rosa Sarango y Willian Cando.

Diana Cando

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente durante este periodo de estudio.

A mis padres; Miguel y Carmen por el esfuerzo y apoyo en mis estudios, ya que me brindaron la fortaleza necesaria para seguir adelante.

A mi hermano, Jonathan quien me apoyo mucho durante mi proceso de estudiante, a mis amigos por sus consejos, apoyo incondicional y por no permitir que me rindiera en los momentos más difíciles.

A cada uno de los docentes por la colaboración, paciencia y apoyo brindado durante los años de estudio. A mi estimado, Mg. Manuel Villa, por la dedicación y apoyo brindado a este trabajo. Gracias por su confianza.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por ser mi segundo hogar por más de 5 años de mi carrera Universitaria, y brindarme tantas experiencias que serán recordadas por el resto de mi vida.

Vladimir Rojano

DEDICATORIA

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

A mis padres y familiares, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo incondicional en todo momento, depositando su confianza en cada uno de mis objetivos y metas propuestas.

A mi hermano menor, por su apoyo incondicional, por el amor y confianza brindada durante toda nuestra vida juntos.

A mis amigos por brindarme su amistad y momentos inolvidables durante nuestra etapa de vida, como fue en las aulas y fuera de las mismas por siempre los llevare en mi corazón.

Vladimir Rojano

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “Desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo de la fenometría vegetativa del maíz amarillo, en la sierra central ecuatoriana”

Autores:

Cando Sarango Diana Aracely

Rojano Guamaní Vladimir Javier

RESUMEN

En este trabajo se analiza la fenometría vegetativa de la planta de maíz, es decir se estudia el crecimiento de la planta considerando la medición de dos aspectos: la longitud y el diámetro del tallo a través de la implementación de una aplicación móvil, la misma que fue diseñada para los ingenieros agrónomos, técnicos y agricultores de la zona centro de la sierra ecuatoriana. Para el desarrollo de la aplicación móvil se empleó la metodología Mobile-D, y entre las herramientas de programación se usaron el IDE de Android Studio, Java y la librería OpenCV para el procesamiento digital de imágenes. La técnica empleada en la medición de la longitud y el diámetro del tallo en imágenes se basó en la colocación de un objeto de referencia junto a la planta y segmentación para aislar la planta. Para establecer la precisión de la medición de la longitud y el diámetro se usó el estimador RMSE (error cuadrático medio) en un banco de cincuenta imágenes obteniendo una desviación estándar de la varianza de 5,41 milímetros para la longitud y de 5,27 milímetros para el diámetro del tallo del maíz.

Palabras clave: Fenometría, maíz, reconocimiento de imágenes digitales, OpenCV, Mobile-D

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED

THEME: “Development of a mobile application for the monitoring of the vegetative phenomenon of yellow corn, in the central Ecuadorian highlands”

Authors:

Cando Sarango Diana Aracely

Rojano Guamaní Vladimir Javier

ABSTRACT

In this work, the vegetative phenometry of the corn plant is analyzed, that is, the growth of the plant is studied considering the measurement of two aspects: the length and diameter of the stem through the implementation of a mobile application, the same as it was designed for agronomists, technicians and farmers in the central zone of the Ecuadorian highlands. For the development of the mobile application, the Mobile-D methodology was used, and among the programming tools the Android Studio IDE, Java and the OpenCV library were used for digital image processing. The technique used to measure the length and diameter of the stem in images was based on the placement of a reference object next to the plant and segmentation to isolate the plant. To establish the precision of the length and diameter measurement, the RMSE (Mean Square Error) estimator was used in a bank of fifty images, obtaining a standard deviation of the variance of 5.41 millimeters for the length and 5.27 millimeters. for the diameter of the corn stalk.

Keywords: Phenometry, corn, digital image recognition, OpenCV, Mobile-D



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al Idioma Inglés presentado por los estudiantes **CANDO SARANGO DIANA ARACELY** y **ROJANO GUAMANI VLADIMIR JAVIER** de la carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales, de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, cuyo título versa “**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL MONITOREO DE LA FENOMETRÍA VEGETATIVA DEL MAÍZ AMARILLO, EN LA SIERRA CENTRAL ECUATORIANA**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga agosto, 2021

Atentamente,

Mg. Lidia Rebeca Yugla Lema
DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS UTC
C.C. 0502652340



firmado electrónicamente por:
**MARCO PAUL
BELTRAN
SEMBLANTES**



CENTRO
DE IDIOMAS

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
1.1. TÍTULO DEL PROYECTO:	1
1.2. FECHA DE INICIO:	1
1.3. FECHA DE FINALIZACIÓN:.....	1
1.4. LUGAR DE EJECUCIÓN:	1
1.5. UNIDAD ACADÉMICA QUE AUSPICIA:.....	1
1.6. CARRERA QUE AUSPICIA:.....	1
1.7. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN VINCULADO:	1
1.8. Equipo de Trabajo:.....	1
1.8.1. Coordinadora:	1
1.8.2. Estudiantes:.....	2
1.9. ÁREA DEL CONOCIMIENTO:.....	3
1.10. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	3
1.11. SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA:	3
2. INTRODUCCIÓN.....	3

2.1.	PROBLEMA.....	3
2.1.1.	Situación Problémica.....	4
2.1.2.	Formulación del problema.....	4
2.2.	OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	4
2.2.1.	Objeto.....	4
2.2.2.	Campo de Acción.....	4
2.3.	BENEFICIARIOS.....	5
2.3.1.	Beneficiarios directos.....	5
2.4.	JUSTIFICACIÓN.....	5
2.5.	HIPÓTESIS.....	5
2.6.	OBJETIVOS.....	5
2.6.1.	Objetivo General.....	5
2.6.2.	Objetivos Específicos.....	5
2.7.	SISTEMA DE TAREAS.....	6
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
3.1.	MAÍZ.....	7
3.1.1.	Origen.....	7
3.1.2.	Usos.....	8
3.1.3.	Importancia.....	8
3.1.4.	Características.....	9
3.1.5.	Morfología.....	9
3.1.6.	Fenometría.....	11
3.2.	VISIÓN ARTIFICIAL.....	12
3.2.1.	Componentes de la visión artificial.....	12
3.2.2.	Tipos de Sistemas de Visión Artificial.....	13
3.2.3.	El procesamiento o tratamiento digital de imágenes.....	14
3.2.4.	Segmentación.....	15

3.2.5.	Detección de bordes.....	17
3.2.6.	OpenCV	18
3.3.	APLICACIONES MÓVILES	18
3.3.1.	Android.....	18
3.3.2.	Mobile – D.....	19
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
4.1.	Tipos de Investigación	21
4.1.1.	Investigación de campo	21
4.1.2.	Investigación documental	21
4.2.	Métodos de Investigación	21
4.2.1.	Método Hipotético Deductivo	21
4.3.	Instrumentos de Investigación	21
4.3.1.	Ficha bibliográfica.....	21
4.3.2.	La Fotográfica.....	22
4.4.	Metodología de Desarrollo Mobile -D.....	22
4.4.1.	Definición de Roles del Equipo.....	22
4.4.2.	Fases de Modelo Mobile – D.....	23
4.4.3.	Protocolo para el procesamiento digital de imágenes	25
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	26
5.1.	Herramientas de Programación.....	26
5.1.1.	Android Studio	26
5.1.2.	Librería OPENCV	26
5.2.	Resultados de la metodología Mobile-D	27
5.3.	Plan de pruebas	30
5.4.	Evaluación de longitud y diámetro de la planta de maíz utilizando el Error Cuadrático Medio (RMSE)	32
5.5.	Validación de la hipótesis	36

5.5.1. Juicio de Experto	36
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
6.1. Conclusiones	36
6.2. Recomendaciones	36
7. BIBLIOGRAFÍA	37
8. ANEXOS	40
Anexo 1: Fotografías de plantas de maíz.....	40
Anexo 2: Muestras tomadas de plantas de maíz en la provincia de Tungurahua. Se consideró los datos de diámetro y longitud del tallo para su respectivo análisis de una forma manual.	42
Anexo 3: Instrumento aplicado a Expertos.....	47
Anexo 4: Comprobación del funcionamiento de la aplicación móvil con el Ing. Agrónomo. Aníbal Arturo Martínez Salinas.....	55
Anexo 5: Casos de Uso General	56
Anexo 6: Diagrama de bloques	56
Anexo 7: Código para la segmentación y cálculo de la longitud y diámetro del tallo de la planta de maíz.....	57
Anexo 8: Estimación de costos.....	60
Anexo 9: Hoja de vida de investigadores	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Títulos obtenidos de la Coordinadora.....	2
Tabla 2. Planificación de las actividades	6
Tabla 3. Rol de Equipo. Jefe de Equipo	22
Tabla 4. Rol de Equipo. Equipo de Trabajo	22
Tabla 5. Rol de Equipo. Equipo de Trabajo	22
Tabla 6. Historia de Usuario 1. Segmentación de la planta de maíz	23
Tabla 7. Historia de Usuario 2. Medir la longitud de la planta de maíz.....	23
Tabla 8. Historia de Usuario 3. Medir el diámetro del tallo de la planta de maíz.....	24
Tabla 9. Casos de prueba de la historia de Usuario 1. Segmentación de la planta de maíz. ...	30
Tabla 10. Casos de prueba de la historia de Usuario 2. Medir la longitud de la planta de maíz.	31
Tabla 11. Casos de prueba de la historia de Usuario 3. Medir el diámetro del tallo de la planta de maíz.....	32
Tabla 12. Datos para el cálculo del RMSE.....	33
Tabla 13. Cálculo del RMSE.....	34
Tabla 14. Muestras de las plantas de maíz	42
Tabla 15. Datos para el cálculo de Desarrollo de Software por puntos de historia.....	60
Tabla 16. Estimación de costos de los gastos directos	61
Tabla 17. Estimación de costos de los gastos indirectos	61
Tabla 18. Estimación de Gasto General	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de maíz	7
Figura 2. Usos del maíz	8
Figura 3. Raíz de la planta de maíz	9
Figura 4. Tallo de la planta de maíz	10
Figura 5. Hojas de la planta de maíz	10
Figura 6. Flor de la planta de maíz	11
Figura 7. Fenometría de las plantas	11
Figura 8. Fases del proceso de funcionamiento de la visión artificial.....	12
Figura 9. Componentes de la Visión Artificial.....	13
Figura 10. Sistema de Visión 1D.....	13
Figura 11. Sistema de Visión 2D.....	14
Figura 12. Sistemas 3D	14
Figura 13. Segmentación basada en umbral de intensidad de gris	17
Figura 14. Detector de bordes de Canny	18
Figura 15. Logo del Sistema Operativo Android	19
Figura 16. Fases de Mobile-D	21
Figura 17. Segmentación de las imágenes con la librería OpenCV	27
Figura 18. Segmentación de la longitud y diámetro de la planta de maíz.....	27
Figura 19. Icono de la aplicación.	27
Figura 20. Ingreso a la Aplicación	28
Figura 21. Interfaz Acerca de	28
Figura 22. Interfaz para la realización de la captura de foto.	29
Figura 23. Interfaz de medición de la longitud y el diámetro del tallo.	29
Figura 24. Interfaz de resultados de la medida de la longitud y diámetro del tallo de la planta de maíz.....	30
Figura 25. Interfaz tutorial de uso de la aplicación	30
Figura 26. Formula del RMSE	32
Figura 27. Fotos de Plantas de maíz.....	40
Figura 28. Planta de maíz prueba 1	40
Figura 29. Planta de maíz prueba 2	40
Figura 30. Planta de maíz prueba 3.	41
Figura 31. Equipo de trabajo.	41

Figura 32. Medición de la longitud de la planta.....	41
Figura 33. Caso de Uso General de la Aplicación Móvil.....	56
Figura 34. Diagrama de bloques de la aplicación móvil	56
Figura 35. Autorización de la cámara posterior	57
Figura 36. Activación de la cámara del dispositivo móvil	57
Figura 37. Código del cálculo de la longitud y diámetro del tallo de la planta de maíz	58
Figura 38. Coordenadas de la imagen	58
Figura 39. Punto mayor y menor.....	59

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. TÍTULO DEL PROYECTO:

Desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo de la fenometría vegetativa del maíz amarillo, en la sierra central ecuatoriana.

1.2. FECHA DE INICIO:

5 de abril del 2021

1.3. FECHA DE FINALIZACIÓN:

5 de agosto del 2021

1.4. LUGAR DE EJECUCIÓN:

Universidad Técnica de Cotopaxi

1.5. UNIDAD ACADÉMICA QUE AUSPICIA:

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

1.6. CARRERA QUE AUSPICIA:

Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales

1.7. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN VINCULADO:

Análisis de imágenes en tiempo real de especies de malas hierbas ecuatorianas en cultivos de maíz sobre dispositivos móviles.

1.8. Equipo de Trabajo:

Ing. Mtr. Cantuña Flores Karla Susana

Cando Sarango Diana Aracely

Rojano Guamaní Vladimir Javier

1.8.1. Coordinadora:

Nombre: Karla Susana Cantuña Flores

Nacionalidad: ecuatoriana

E-mail: karla.cantuna@utc.edu.ec

Títulos Obtenidos:

Tabla 1. Títulos obtenidos de la Coordinadora

Título	Institución de Educación Superior
Máster Universitario de Software y Sistemas	Universidad Politécnica de Madrid
Magister en Ingeniería de Software	Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE)
Magister en Desarrollo Humano Sostenible con Perspectiva Local	Universidad Técnica de Cotopaxi
Diploma Superior en Diseño Gestión y Evaluación de Proyectos de Desarrollo	Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales
Ingeniera en Sistemas e Informática	Escuela Politécnica del Ejército

1.8.2. Estudiantes:

Nombre: Diana Aracely Cando Sarango

Nacionalidad: ecuatoriana

Fecha de Nacimiento: 3 de septiembre de 1996

Estado Civil: Soltera

Residencia: Quito - Ecuador

Correo: diana.cando2592@utc.edu.ec

Teléfono: 0961061996

Nombre: Vladimir Javier Rojano Guamaní

Nacionalidad: ecuatoriano

Fecha de Nacimiento: 14 de febrero de 1990

Residencia: Píllaro – Tungurahua

Correo: vladimir.rojano8197@utc.edu.ec

Celular: 0983406927

1.9. ÁREA DEL CONOCIMIENTO:

Ciencias Informáticas

1.10. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tecnologías de la Información y Comunicación.

1.11. SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA:

Robótica e Inteligencia Artificial e Inteligencia de Negocio

2. INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones móviles en la actualidad son muy utilizadas gracias a las facilidades de acceso a internet existentes, así como también el avance tecnológico de los teléfonos inteligentes, los mismos que cuentan con sistemas operativos que facilitan que se puedan instalar en un dispositivo móvil sin problema alguno. Al realizar un análisis de los beneficios que ofrece la tecnología se propuso el desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo de la fenometría vegetativa del maíz amarillo, en la sierra central ecuatoriana mediante el procesamiento digital de imágenes, aplicativo que brindará la información de la longitud, diámetro del tallo y edad de la planta de maíz.

En el proyecto se identificó la situación actual del problema, el alcance y la solución. Seguido de determinar los objetivos tanto generales como específicos, con el objeto de obtener los resultados.

Se desarrolló el marco teórico el cual considera las bases teóricas, se determinan las herramientas necesarias para el desarrollo de la aplicación móvil, el hardware y software para su correcto funcionamiento.

En el marco metodológico se describen los pasos que conllevan a la solución del problema, el desarrollo del proyecto y la presentación de los resultados.

2.1. PROBLEMA

El cultivo de maíz en el Ecuador es el cultivo más extendido a nivel nacional, se siembran pequeñas parcelas para el sustento alimenticio familiar y grandes extensiones para el comercio.

Actualmente en el Ecuador es común encontrar cultivos de maíz con ciertos problemas de crecimiento, las plantas pueden tener un código genético para alcanzar una longitud determinada, las condiciones ambientales adversas como las bajas temperaturas y la deficiencia de nutrientes afectan el correcto crecimiento de la planta. Este estudio pretende obtener algunos

aspectos que conlleva la fenometría del maíz tales como: la longitud y el diámetro del tallo, este proyecto beneficiará tanto a productores y estudiantes de agronomía ya que permitirá conocer las medidas de lo antes mencionado de la planta de maíz.

2.1.1. Situación Problemática

En la mayor parte del mundo los cultivos de maíz son importantes en la producción agropecuaria, no solo desde el punto de vista de la productividad y rentabilidad sino también por su aporte a la sustentabilidad de los sistemas productivos. Los cultivos de maíz casi en su mayoría presentan problemas de crecimiento lo cual conlleva baja productividad y finalmente pérdidas económicas.

En Ecuador la producción de maíz es de 6.04 toneladas por hectárea. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) menciona que la provincia de Los Ríos registra como la mayor productora del maíz ya que tiene un 85% de la producción del mismo, la MAG también manifiesta que el país ha incrementado los niveles de producción del cereal, y que 900000 toneladas son adquiridas por la industria nacional para la elaboración de elementos proteicos.

En la sierra centro de Ecuador se concentra la mayor parte de plantaciones de maíz, por lo que el cuidado y control del crecimiento de las mismas, demanda mucho tiempo, siendo que los agricultores no puedan determinar la longitud y diámetro del tallo del maíz, número, largo y ancho de hojas, área foliar y biomasa, ya que con estos parámetros de la fenometría vegetativa permitirá predecir la edad de la planta.

2.1.2. Formulación del problema

¿Cómo determinar la longitud y el diámetro del tallo del maíz amarillo mediante el procesamiento de imágenes, en la provincia de Tungurahua?

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objeto

La fenometría vegetativa del maíz.

2.2.2. Campo de Acción

La fenometría vegetativa del maíz amarillo en la sierra central ecuatoriana.

2.3. BENEFICIARIOS

2.3.1. Beneficiarios directos

Agricultores que se dediquen al cultivo del maíz en la sierra central ecuatoriana y estudiantes de agronomía.

2.4. JUSTIFICACIÓN

La agricultura se puede describir como la producción, procesamiento, venta y disposición de cultivos y ganado. Este es un conocimiento moderno porque en su tiempo se consideró un momento especial para el consumo de verduras.

La agricultura juega un papel importante en la economía del país además de eso nos proporciona alimentos y recursos naturales, sino que también brinda oportunidades de empleo para muchas personas.

En la actualidad las aplicaciones móviles se aplican en todos los campos, uno de ellos la agricultura, muchas de estas aplicaciones tienen por objeto mejorar la producción de los cultivos, algunos agricultores las utilizan y se han visto beneficiados por la tecnología.

Esta investigación propone realizar un estudio sobre la fenometría de la planta de maíz de la sierra central en la provincia de Tungurahua, el cual está enfocado específicamente en la medición de la longitud y el diámetro del tallo del maíz en una imagen digital.

2.5. HIPÓTESIS

La aplicación móvil permitirá obtener el diámetro y altura del tallo de la planta de maíz, mediante el uso de algoritmos para el procesamiento de imágenes.

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil mediante procesamiento digital de imágenes para determinar el diámetro y la longitud del tallo de la planta de maíz, en la provincia de Tungurahua.

2.6.2. Objetivos Específicos

- Definir las bases teóricas acerca de aplicaciones móviles y fenometría de la planta de maíz.
- Aplicar técnicas de procesamiento digital de imágenes en las fotografías de las plantas de maíz.

- Seleccionar la mejor técnica de medición de la longitud y el diámetro del tallo de la planta de maíz.
- Implementar una aplicación móvil para observar la fenometría de la planta de maíz a partir de la longitud y el diámetro del tallo.

2.7. SISTEMA DE TAREAS

Tabla 2. Planificación de las actividades

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	RESULTADO DE LAS ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)
Definir las bases teóricas acerca de aplicaciones móviles y fenometría de la planta de maíz.	Revisar fuentes primarias y secundarias. Registrar las referencias bibliográficas más importantes para la elaboración del marco teórico.	Establecer los principales referentes teóricos de la investigación. Marco teórico.	Análisis documental, ficha bibliográfica. Trabajo de campo, imágenes.
Aplicar técnicas de procesamiento digital de imágenes en las fotografías de las plantas de maíz.	Aplicar la segmentación como una de las técnicas de procesamiento digital de imágenes.	Imágenes de plantas de maíz segmentadas.	Análisis documental, ficha bibliográfica. Trabajo de campo, Imágenes.
Seleccionar la mejor técnica de medición de la longitud y el diámetro del tallo	Revisar fuentes primarias y secundarias relacionadas con las técnicas de	Técnica de medición de longitud y diámetro del tallo del maíz en imágenes.	Análisis documental, ficha bibliográfica. Trabajo de campo, Imágenes.

de la planta de maíz.	medición de la longitud y diámetro de la planta de maíz.		
Implementar una aplicación móvil para observar la fenometría de la planta de maíz a partir de la longitud y el diámetro del tallo.	Desarrollo de la aplicación móvil.	Aplicación móvil.	Metodología Mobile-D, Aplicación móvil.

Elaborado por: Los investigadores

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. MAÍZ

El nombre científico del maíz es *Zea mays*, este es el tercer cereal más cultivado en el mundo solamente detrás del trigo y el arroz, se puede desarrollar en una gran variedad de climas [1].



Figura 1. Planta de maíz

3.1.1. Origen

El maíz es originario de América este era utilizado como alimento básico de las culturas americanas el origen de esta planta sigue siendo un misterio, pero algunos estudios sitúan su origen en una evolución del Teocintle situado en México [2].

Esta planta pertenece a la familia de las Poáceas o Gramíneas, la misma es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen en todo el mundo, es una planta domesticada y altamente productiva [3].

3.1.2. Usos

Se lo emplea en la alimentación tanto humana el cual se lo puede emplear de diversas maneras, alimentación animal como el ganado ovino, bovino y equino, en la industria y medicina, pero también como elemento ritual y festivo (de los pueblos indígenas) [4].



Figura 2. Usos del maíz

3.1.3. Importancia

El maíz es uno de los alimentos básicos más importantes que conoce la humanidad, debido a las muchas preparaciones que se pueden hacer a su alrededor y los múltiples derivados (por ejemplo, harina, aceite, etc.). [5].

El cultivo de maíz está muy extendido en todo el país. Sierra tiene tres regiones principales, dependiendo del tipo de grano cultivado en cada una. Estas áreas son: Compuesto por las tierras de maíz del norte, Imbabura, Pichincha y Cotopaxi, predomina el maíz amarillo. Región central de los estados de Tungurahua, Chimborazo y Bolívar, donde se cultivan variedades de grano blanco harinoso pertenecientes a las razas Blanco Blandito y Cuzco Ecuatoriano, principalmente; y la Zona Sur que integra las provincias de Azuay, Cañar y Loja, cultivándose la variedad Zhima. En todas las zonas se cultiva además morocho blanco [6].

Es importante señalar que estos materiales sembrados a lo largo de la Sierra ecuatoriana pertenecen a una gran diversidad genética nativa de maíz (diecisiete razas de maíz criollas). Mención particular hay que hacer a Loja en cuyos valles tropicales de los cantones Pindal, Célica y Zapotillo se cultiva el maíz amarillo duro en una superficie de alrededor de 20 000 ha [7].

En la costa de Ecuador, lo mejor es cultivar maíz duro amarillo o blanco, que pasa por una transición para el consumo. El maíz se siembra en la costa a una altitud de 1200 metros sobre el nivel del mar. En la Sierra, en cambio, la siembra se realiza en valles y laderas de 1800 a 2900 metros sobre el nivel del mar [8].

3.1.4. Características

- Se cultiva en climas muy diversos [9].
- Es una planta muy útil para la alimentación humana por su excelente composición química: almidón y azúcares de 60 a 70%, sustancias nitrogenadas 10%, materias grasas de 4 a 8% [9].
- Se presta para diferentes usos: Industria-alimenticia-panadería agroindustria [9].

3.1.5. Morfología

a) Raíz

Dependiendo de las condiciones de cultivo, la profundidad máxima es de 2 m y el diámetro máximo es de 1,2 m. Según su apariencia y estructura, las personas reconocen tres tipos de raíces. Cotiledón o raíz temporal, raíz permanente. Nutrición vegetal; raíces ambiciosas: actuar como un ancla [10].

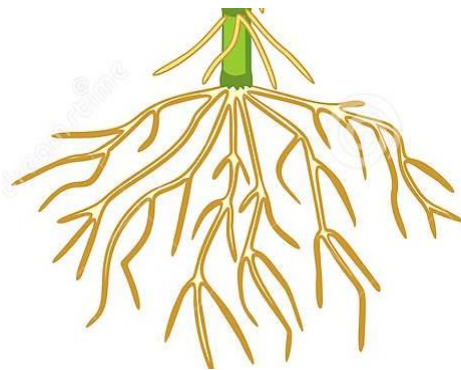


Figura 3. Raíz de la planta de maíz

b) Tallo

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones [11]. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal, provisto de varios nudos, sin ramificación lateral [10].



Figura 4. Tallo de la planta de maíz

c) Hojas

Son lineares de nervadura paralela, constan de una vaina, cuello y la lámina foliar propiamente dicha, salen de la parte superior de los nudos, presentan pubescencia, son de borde liso y terminan aguzadas, pudiendo alcanzar longitudes de más de 1 m [10].



Figura 5. Hojas de la planta de maíz

d) Flores

Dependiendo de las condiciones de plantación puede alcanzar una profundidad de 2 m, un diámetro de 1,2 m. Según su apariencia y estructura, se reconocen las raíces de las tres capas. Raíces germinadas o temporales, raíces permanentes. Nutre el árbol. Raíces adventicias: actúan como anclas. El maíz es monoico, es decir, pertenece a diferentes géneros. La inflorescencia masculina tiene un extremo terminal, llamado club, oreja, oreja, que consta de un eje central u oreja y ramas laterales. A lo largo del eje central, los pares de plaquetas están distribuidos uniformemente y espaciados en la rama, cada uno protegido por dos brácteas o cáscaras de arroz, que son los estambres en pares. Cada componente del pendiente tiene tres estambres, en los que se desarrollan los granos de polen [10].



Figura 6. Flor de la planta de maíz

3.1.6. Fenometría

En el transcurso del ciclo de vida de la planta, es preciso que los permanentes cambios que se observan en la planta se miden y en otros casos simplemente se registre lo observado; a estos registros se los conoce como observaciones fenométricas y fenológicas respectivamente [12].

La fenometría es la medición periódica de: altura de plantas, engrosamiento de ramas y ramitas, relación parte aérea-parte subterránea, aumento de peso y tamaño de frutos, aumento de superficie foliar, incremento del contenido de sustancias varias, etc., [13].

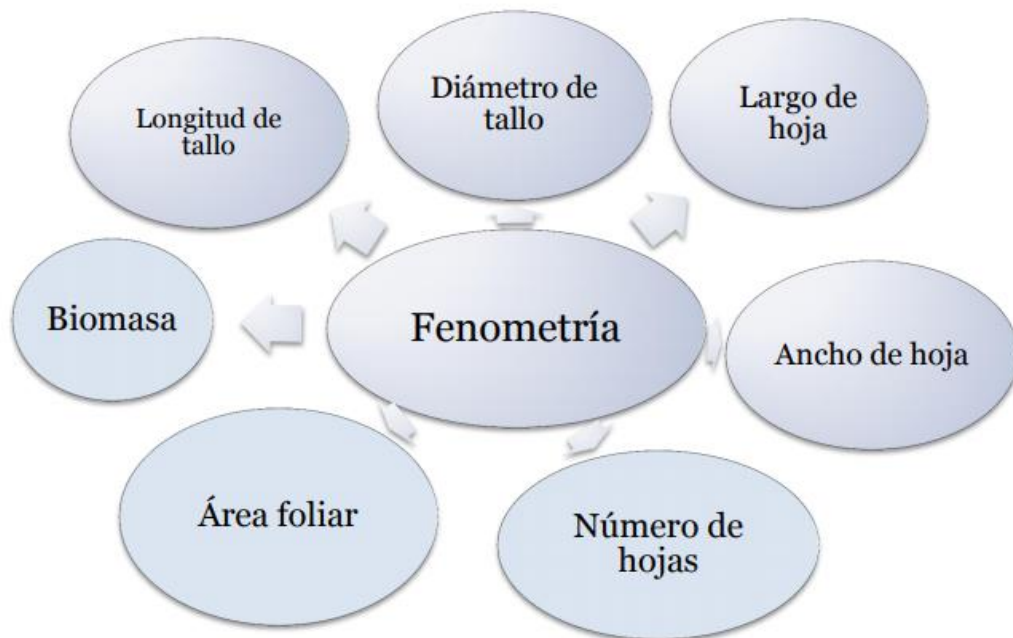


Figura 7. Fenometría de las plantas

3.2. VISIÓN ARTIFICIAL

La visión artificial o como la llaman otros autores visión por computador, se la define como la ciencia de programar un computador para procesar imágenes o videos e incluso entenderlos [14].

Es la transformación de datos desde un fotograma o video cámara en lo que puede ser una decisión o una nueva representación.

En la figura 7 se presenta paso a paso el proceso que se ejecuta en la visión artificial, indicando el orden de cada fase que va desde la adquisición de la imagen y el procesamiento hasta la ejecución de una acción en particular con los datos obtenidos [15].

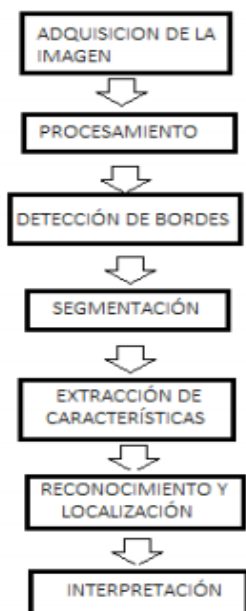


Figura 8. Fases del proceso de funcionamiento de la visión artificial

3.2.1. Componentes de la visión artificial

Los componentes principales de un sistema de visión artificial son la iluminación, la lente, el sensor de imagen, el procesamiento de visión y las comunicaciones.

La iluminación ilumina la pieza que va a inspeccionarse permitiendo que sus características destaquen y puedan ser vistas claramente por la cámara.

La lente capta la imagen y la presenta al sensor en forma de luz. El sensor de la cámara de visión artificial convierte esta luz en una imagen digital que se envía al procesador para su análisis [16].

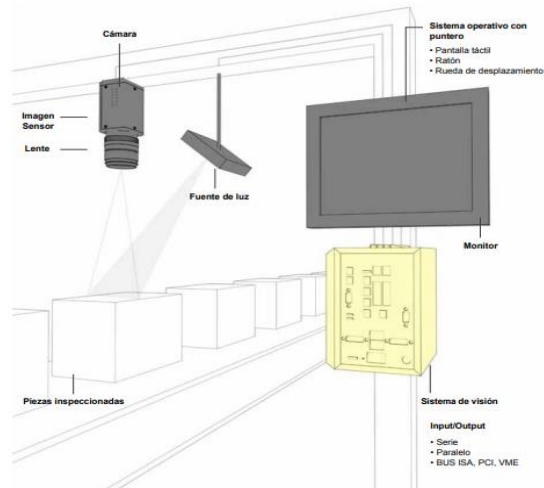


Figura 9. Componentes de la Visión Artificial

3.2.2. Tipos de Sistemas de Visión Artificial

a) Sistemas de Visión 1D

Visión 1D analiza la señal digital línea por línea, en lugar de analizar la imagen completa a la vez. Por ejemplo, evalúe la diferencia entre los 10 grupos más recientes y los grupos anteriores recuperados. Esta técnica generalmente detecta y clasifica defectos en materiales producidos en un proceso continuo, como papel, metales, plásticos y no tejidos y muchos otros. [16].

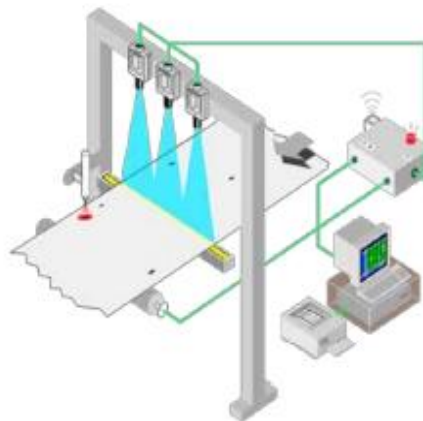


Figura 10. Sistema de Visión 1D

b) Sistemas de Visión 2D

La mayoría de cámaras de inspección comunes realizan escaneos superficiales que implican la captación de instantáneas 2D en diversas resoluciones [16].



Figura 11. Sistema de Visión 2D

c) Sistemas 3D

Un sistema de visión artificial 3D generalmente consta de varias cámaras o uno o más sensores de desplazamiento láser. La vista 3D multicámara de la aplicación de guía del robot proporciona al robot información sobre la orientación de las piezas. Estos sistemas incluyen varias cámaras ubicadas en diferentes ubicaciones, con un "triángulo" colocado en la ubicación del objetivo en el espacio 3D [16].

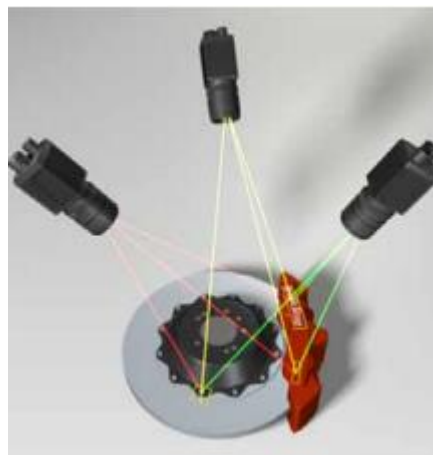


Figura 12. Sistemas 3D

3.2.3. El procesamiento o tratamiento digital de imágenes

El procesamiento o tratamiento digital de imágenes consiste en procesos algorítmicos que transforman una imagen en otra en donde se resalta cierta información de interés, y/o se atenúa o elimina información irrelevante para la aplicación. Así, las tareas del procesamiento de imágenes comprenden la supresión de ruido, mejoramientos de contraste, eliminación de efectos no deseados en la captura como difuminaciones o distorsiones por efectos ópticos o de movimiento, mapeos geométricos, transformaciones de color, etc. [17].

El análisis de imágenes tiene como objetivo extraer información cuantitativa de las imágenes. La información varía desde un escalar simple (como en el cálculo del tamaño estadístico de una imagen que contiene la desviación media o estándar del nivel de gris), hasta el tamaño de un vector, matriz o tensor (como en). estructura. Para histogramas), listas de puntos (por ejemplo, que muestran bordes, esquinas y líneas en una imagen), histogramas que muestran estructuras complejas, etc. La subárea analítica se centra en los cambios en la representación de la imagen, incluida la compresión, los algoritmos con y sin pérdida, y los algoritmos criptográficos modernos que enmascaran información de diferente naturaleza [17].

- **Procesos de Bajo Nivel:** Utilizan operaciones como el pre procesamiento de imagen para reducir el ruido, mejora del contraste, y filtros de enfoque. Se caracterizan por que sus entradas son imágenes y sus salidas también [18].
- **Procesos de Nivel Medio:** Operaciones como segmentación y clasificación de objetos individuales. Se caracterizan por que sus entradas son generalmente imágenes, pero sus salidas son atributos extraídos de esas imágenes (contornos, bordes, identidad de objetos individuales) [18].
- **Procesos de Alto Nivel:** Implica obtener algún significado de un conjunto de objetos reconocidos – análisis de imágenes – y, finalmente, realizar las funciones cognitivas asociadas con la vista. (ejemplo de símbolos de tráfico) [18].

3.2.4. Segmentación

La segmentación divide una imagen en áreas o sus objetos constituyentes de modo que los píxeles de esas áreas tengan propiedades o propiedades similares, como escala de grises, contraste y textura [22].

La mayoría de los algoritmos de segmentación se basan en dos propiedades básicas de las intensidades de imagen: discontinuidad y similitud. En la categoría de segmentación discontinua, el proceso se logra dividiendo la imagen con cambios bruscos de intensidad, como en el caso de la detección de bordes de imagen. Para la segmentación basada en similitudes, esto se logra dividiendo la imagen en áreas similares de acuerdo con un conjunto de criterios predefinidos [22].

El proceso de segmentación se encarga de evaluar cada píxel de la imagen y decidir si contiene o no las características de interés. Como resultado, este método genera una imagen binaria,

donde los píxeles que pertenecen al objeto se representan con un '1' (objeto en primer plano), mientras que los que no pertenecen al mismo se representan con un '0' (fondo) [22].

La decisión de pertenencia de un píxel a uno u otro segmento se basa en el análisis de alguna característica de la imagen, como por ejemplo los niveles de intensidad o la textura [22].

Existen diferentes tipos de segmentación, listados a continuación:

Segmentación basada en características de píxel

- Segmentación por niveles de gris
- Segmentación de imágenes en color
- Segmentación por texturas

Segmentación basada en transiciones

- Detección de bordes

Segmentación basada en modelos

- Transformada de Hough

Segmentación basada en homogeneidad

- Fusión de regiones
- Zonas planas
- Propagación de Marcadores

a) Segmentación basada en Morfología Matemática

Las técnicas de segmentación dependen fuertemente del objetivo que persigue la aplicación en particular, así como del tipo de imagen a analizar y sus características. Por lo tanto, en una etapa previa a la segmentación, es preciso tener claro qué objetos interesan y qué características poseen. También es común realizar operaciones de filtrado una vez terminada la etapa de segmentación, así como determinar las características que permitan separar y clasificar los objetos encontrados [22].

Fundamentalmente, lo que se busca es que diferentes objetos tengan valores claramente diferentes de las características discriminantes, y el éxito de la operación se comprueba experimentalmente en cada caso. En este apartado se verán los conceptos generales y las propiedades de los tipos de segmentación más comunes [22].

b) Segmentación basada en características de píxel.

Se evalúa cada píxel en función de las características locales de la imagen en el píxel y se decide a qué región (también conocido como segmento) pertenece. Este tipo de segmentación se usa comúnmente cuando se requiere separar objetos con similares características de color o intensidad de un fondo heterogéneo. El caso ideal es aquel en el cual los objetos poseen un rango de colores o intensidad de gris muy estrecho, siendo el fondo uniforme [22].

En tal caso se puede definir un umbral de segmentación para separar el objeto del fondo. A esta técnica de asignación de un umbral se la conoce como thresholding (literalmente "umbralización") [22].



Figura 13. Segmentación basada en umbral de intensidad de gris

En el thresholding se define un valor umbral y se toman los píxeles en este rango según pertenezcan o no al fondo: se toman los que no pertenecen al fondo y se rechazan todos los demás. Una imagen de este tipo se muestra como una imagen binaria (de dos niveles) utilizando blanco y negro u otros colores para distinguir las regiones (no hay una convención estándar sobre cuáles son los rasgos de interés, si los blancos o los negros, así que la elección varía en cada caso) [22].

3.2.5. Detección de bordes

La detección de contornos es una práctica básica en el procesamiento de imágenes, pues proporciona información útil acerca de los límites del objeto que pueden ser utilizados para el análisis, detección del objeto y para aplicaciones de filtrado. De igual forma se emplea para simplificar el análisis de imágenes, realizando una reducción drástica de la cantidad de datos a ser procesados, mientras que al mismo tiempo preservan la información estructural alrededor de los límites del objeto [22].

c) Detector de bordes de Canny

No sólo usa operadores de gradiente, sino que busca el máximo gradiente a lo largo de un borde. El resultado es una imagen binaria (borde/no borde), ajustable mediante un umbral [22].



Figura 14. Detector de bordes de Canny

La detección de bordes tiene como objetivo detectar las zonas de cambios bruscos de intensidad y realizarlas, obteniendo una imagen resultante en la cual se han destacado los bordes. Son muy efectivos para acentuar el contraste y detectar puntos aislados o pequeños detalles, si se aumenta el tamaño de la máscara. De la misma forma es posible diseñar máscaras de detección de bordes que detecten la presencia de líneas finas en una imagen [22].

3.2.6. OpenCV

Es una biblioteca gratuita de gestión de visión por computadora. Es eficiente en TI y está diseñado con aplicaciones en tiempo real en mente. Es bien conocido y se utiliza en una multitud de aplicaciones, como sistemas de seguridad y sistemas de reconocimiento de objetos [19].

Existen varias versiones debido a la interfaz de lenguajes como Python y Java. La biblioteca ayuda en la detección automática porque OpenCV proporciona una amplia gama de funciones y herramientas que simplifican el procesamiento de imágenes [20]. En este proyecto, usaremos el aspecto OpenCV para procesar la imagen, obtener algún tipo de información de la imagen y luego recopilar y estudiar los resultados [21].

3.3. APLICACIONES MÓVILES

Las Aplicaciones móviles se desarrollan generalmente en el lenguaje Java con Android Software Development Kit (Android SDK), Existen otras herramientas de desarrollo, incluyendo un Kit de Desarrollo Nativo para aplicaciones o extensiones en C, C++ u otros lenguajes de programación [23].

3.3.1. Android

Android es un sistema operativo diseñado para dispositivos táctiles. Una de sus grandes características es que está basado en Linux, sistema operativo libre y multiplataforma. El sistema utiliza una variación del lenguaje de programación Java llamado Dalvik. Además, con

Android se nos proporciona diferentes interfaces con las cuales podemos acceder a las distintas funciones del dispositivo como la cámara, que usaremos en este proyecto [24].



Figura 15. Logo del Sistema Operativo Android

3.3.2. Mobile – D

Mobile-D es una metodología ágil orientada al desarrollo de aplicaciones móviles desarrollado por Pekka Abrahamsson y su equipo de trabajo del VTT (Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, en inglés Technical Research Centre of Finland) en Finlandia, orientados a ciclos de desarrollos muy rápidos y grupos pequeños de desarrolladores, máximo 10 personas [25].

Mobile-D se basa en las prácticas de eXtreme Programming (XP), metodología Crystal para la escalabilidad de los métodos y Rational Unified Process para el diseño completo de ciclo de vida [25]. Se basa en los nueve elementos principales que envuelven a todas las fases de desarrollo, las cuales son:

- Fases y colocación. - Cada una de las iteraciones del proyecto comienza con un día de planificación.
- Línea de Arquitectura. - El enfoque de línea de la arquitectura se utiliza para capturar el conocimiento de las fuentes existentes para generar soluciones arquitectónicas cuando sea necesario.
- Test Driven. - Development móvil Los ensayos primera aproximación se realizan junto con los casos de prueba automatizados.
- Integración continua. - Las prácticas efectivas de SCM (Gestión de cadena de suministros, “Supply Chain Management”) se aplican a través de múltiples medios.
- Programación Par. - Codificación, pruebas y refactoring se llevan a cabo en pares.

- Métricas. - Se establecen pocas métricas esenciales y son utilizados para los propósitos de mejora de retroalimentación y de procesos.
- Mejora de Procesos de Software Ágil. - Los talleres post-iteración se utilizan para mejorar continuamente el proceso de desarrollo.
- Fuera de las instalaciones del cliente. - Crear participación del cliente en la planificación y la liberación de la aplicación.
- Enfoque centrado en el usuario. - Se hace hincapié en la identificación y satisfacción de las necesidades de los usuarios finales.

3.3.2.1. Fases

Esta metodología está compuesta por 5 las cuales son:

a) Fase de Exploración

Se establece la planificación y características del proyecto, es una fase importante ya que establece las bases para la aplicación, como el proceso de la aplicación, ambiente, arquitectura. En esta fase se necesita a las personas interesadas para proporcionar su experiencia [25].

b) Fase de Inicialización

En esta fase se establecen los recursos físicos, técnicos, humanos y de comunicación; así como todas las partes activas que comprende el producto [25].

c) Fase de Producción

En esta fase se implementan las funcionalidades requeridas en el producto mediante un ciclo de desarrollo iterativo e incremental. Desarrollo iterativo e incremental en la fase de producción [25].

d) Fase de Estabilización

El propósito de esta fase es garantizar la calidad del producto, el cual es presentado al stakeholder; todas las fuerzas se centrarán la integración del producto [25].

e) Fase de pruebas y arreglo del sistema

El propósito de esta fase es ver las funcionalidades del producto en producción definidas por el cliente correctamente, proporcionando feedback al equipo sobre el proyecto y corregir defectos encontrados [25].

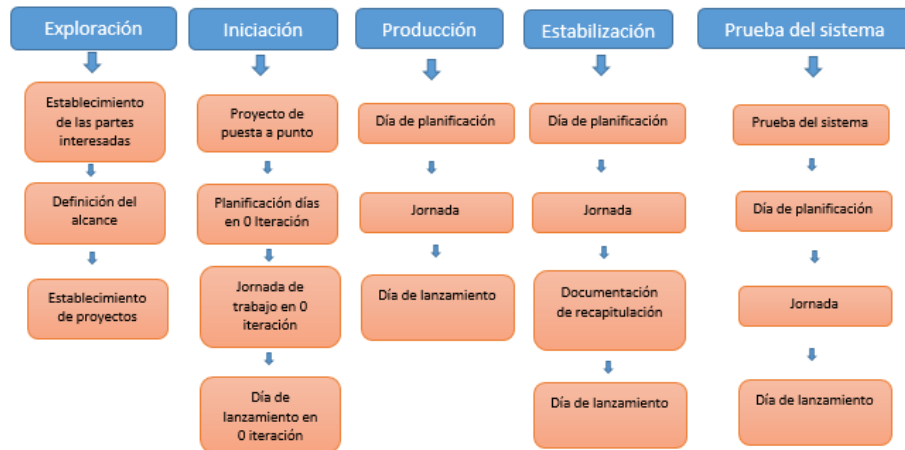


Figura 16. Fases de Mobile-D

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Tipos de Investigación

4.1.1. Investigación de campo

Esta investigación se utilizó en la siembra de las plantas de maíz en la parcela, así como también, permitió la recolección de información mediante la captura de fotografías de las plantas del cultivo en diferentes estados de crecimiento.

4.1.2. Investigación documental

La investigación documental permitió efectuar la revisión bibliográfica acerca de la fenometría del maíz, aplicaciones móviles, técnicas de procesamiento digital de imágenes y determinación de medidas en imágenes digitales.

4.2. Métodos de Investigación

4.2.1. Método Hipotético Deductivo

Se ha considerado el método hipotético-deductivo ya que permite conocer si las afirmaciones hipotéticas que se han realizado son verdaderas o falsas al momento de poner en práctica el proyecto investigativo. Al desarrollar la aplicación móvil para el cálculo del diámetro y longitud del tallo de la planta de maíz, se obtendrá un control en el crecimiento de la planta.

4.3. Instrumentos de Investigación

4.3.1. Ficha bibliográfica

Se utilizó este instrumento de investigación para registrar las referencias bibliográficas consultadas y las ideas principales que permitieron escoger la técnica de procesamiento digital de imágenes y la técnica para la medición de la longitud y diámetro de la planta.

4.3.2. La Fotográfica

Se utilizó la fotografía para recolectar el banco de imágenes en diferentes estados de crecimiento para probar el aplicativo.

4.4. Metodología de Desarrollo Mobile -D

Para el desarrollo de la aplicación móvil se utilizó la metodología Mobile – D. Esta metodología ágil permite ciclos rápidos de desarrollo. Cada sprint involucra 5 fases: exploración, inicialización producción, estabilización pruebas y arreglos del sistema.

4.4.1. Definición de Roles del Equipo

Tabla 3. Rol de Equipo. Jefe de Equipo

Nombre	Ing. Mtr. Karla Cantuña
Rol	Jefe de Equipo
Responsabilidad	Revisión de la Aplicación
Información contacto	karla.cantuna@utc.edu.ec

Tabla 4. Rol de Equipo. Equipo de Trabajo

Nombre	Vladimir Javier Rojano Guamaní
Rol	Equipo de Trabajo
Responsabilidad	Generar el código de la aplicación
Información contacto	vladimir.rojano8197@utc.edu.ec

Tabla 5. Rol de Equipo. Equipo de Trabajo

Nombre	Diana Aracely Cando Sarango
Rol	Equipo de Trabajo
Responsabilidad	Realizar las pruebas de la aplicación
Información contacto	diana.cando2592@utc.edu.ec

4.4.2. Fases de Modelo Mobile – D

4.4.2.1.Fase de Exploración

En esta fase se presenta el alcance del aplicativo el cual consiste en desarrollar una aplicación que permite la medición de la longitud y el diámetro del tallo de la planta de maíz en imágenes digitales.

4.4.2.2.Fase de Inicialización

Historias de Usuario

Tabla 6. Historia de Usuario 1. Segmentación de la planta de maíz

HISTORIA DE USUARIO (HU)			
Código HU:	HU0001	Fecha:	12/04/2021
Sprint:	1	Prioridad:	Alta
Actores:	Usuario	Puntos:	3
Descripción: Como usuario requiere que la aplicación móvil segmente la planta de maíz.			
Detalles de la HU: <ul style="list-style-type: none">• El usuario ingresa a la aplicación• El usuario toma la fotografía de la planta de maíz.• El aplicativo muestra la interfaz con la imagen de la planta segmentada.			
Restricciones: Solo el usuario que tenga la aplicación puede realizar el proceso			
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none">• La aplicación debe tomar la foto para poder mostrar la imagen en la siguiente interfaz.			
DoD: <ul style="list-style-type: none">• Se realizó la prueba funcional de esta historia de usuario dando como resultado un estatus exitoso.			

Tabla 7. Historia de Usuario 2. Medir la longitud de la planta de maíz

HISTORIA DE USUARIO (HU)			
Código HU:	HU0002	Fecha:	12/04/2021
Sprint:	2	Prioridad:	Alta
Actores:	Usuario	Puntos:	3

Descripción: Como usuario requiere que la aplicación móvil mida la longitud de la planta de maíz.
Detalles de la HU: <ul style="list-style-type: none"> ● El usuario ingresa a la aplicación ● El usuario toma la fotografía de la planta ● El usuario ingresa los datos de un objeto referencial y adicional las medidas de un soporte de la planta ● Finalmente se calcula la longitud de la planta de maíz
Restricciones: Solo el usuario que tenga la aplicación puede realizar el proceso
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> ● Los campos que se deben llenar obligatoriamente son: alto y ancho del objeto referencial y alto del soporte
DoD: <ul style="list-style-type: none"> ● Se realizó la prueba funcional de esta historia de usuario dando como resultado un estatus exitoso.

Tabla 8. Historia de Usuario 3. Medir el diámetro del tallo de la planta de maíz

HISTORIA DE USUARIO (HU)			
Código HU:	HU0003	Fecha:	12/04/2021
Sprint:	3	Prioridad:	Alta
Actores:	Usuario	Puntos:	3
Descripción: Como usuario requiere que la aplicación móvil mida el diámetro del tallo de la planta de maíz.			
Detalles de la HU: <ul style="list-style-type: none"> ● El usuario ingresa a la aplicación ● El usuario toma la fotografía de la planta ● El usuario ingresa los datos de un objeto referencial y adicional las medidas de un soporte de la planta 			

<ul style="list-style-type: none"> ● Finalmente se calcula el diámetro del tallo de la planta de maíz
Restricciones: Solo el usuario que tenga la aplicación puede realizar el proceso
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> ● Los campos que se deben llenar obligatoriamente son: alto y ancho del objeto referencial y alto del soporte
DoD: <ul style="list-style-type: none"> ● Se realizó la prueba funcional de esta historia de usuario dando como resultado un estatus exitoso.

4.4.2.3.Fase de Producción

En esta fase se empieza a establecer el código de programación, mismo que fue previamente evaluado, para lo cual se utiliza el programa Android Studio con el lenguaje de programación Java conjuntamente con la librería OpenCV la misma que se utiliza para la segmentación de las imágenes digitales.

4.4.2.4.Fase de Estabilización

Para esta fase la tarea fue comprobar el correcto cálculo de la longitud y diámetro de la planta de maíz, para lo cual se puso a prueba varias veces la aplicación, los errores encontrados fueron resueltos de manera exitosa.

4.4.2.5.Fase de Pruebas y arreglo del sistema

En esta fase se desarrolla el plan de pruebas aplicado a cada una de las historias de usuario bajo el estándar IEEE-829, el mismo que se presenta en la sección 5.3.

4.4.3. Protocolo para el procesamiento digital de imágenes

a) Selección y captura de imágenes

Las imágenes de la planta de maíz se toman desde la aplicación móvil, ya que esta cuenta con la funcionalidad de activar la cámara una vez que el usuario así lo desee.

b) Preprocesamiento

Con las imágenes obtenidas, se seleccionaron ciertas fotografías para realizar los cálculos respectivos del alto y diámetro del tallo.

c) Procesamiento

A nivel general este proceso se refiere a cómo se va a identificar la fotografía lo que es el alto y diámetro de la planta de maíz.

d) Medición de longitud y diámetro de la planta de maíz

La aplicación móvil medirá la longitud y diámetro del tallo de la planta de maíz, utilizando un objeto referencial.

e) Evaluación de la exactitud en la medición de la longitud y diámetro del tallo de la planta de maíz en imágenes digitales.

Para el cálculo de la longitud y diámetro del tallo se utilizó la segmentación de imágenes, y utilizando un objeto de referencial, en caso de ser necesario un soporte con ello poder conocer las medidas con un margen de error mínimo, y así la aplicación sea confiable para el usuario.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1.Herramientas de Programación

5.1.1.Android Studio

Se utilizó el IDE Android Studio en su versión 4.2.2 para realizar la programación de la aplicación móvil misma que está desarrollada con el lenguaje de programación en Java, la que estará disponible para dispositivos con el sistema operativo android.

5.1.2.Librería OPENCV

Se utilizó la librería OPENCV la misma que se instaló en Android Studio para el tratamiento de imágenes, esta librería permitió la segmentación y aplicación de filtros en las imágenes de las plantas de maíz.

Esta librería traza rectángulos de color rojo sobre la imagen tomada, siendo los límites que la misma toma de la imagen como se visualiza en la figura 17.



Figura 17. Segmentación de las imágenes con la librería OpenCV

Dicha librería también fue de ayuda para calcular la longitud y diámetro del tallo de la planta de maíz, la misma que se muestra en la figura 18 el rectángulo delineado de color verde identifica la longitud del tallo y el de color naranja verifica el diámetro del mismo.



Figura 18. Segmentación de la longitud y diámetro de la planta de maíz

5.2.Resultados de la metodología Mobile-D

En la figura 19 se puede observar el icono de la aplicación móvil.

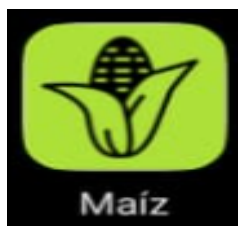


Figura 19. Icono de la aplicación.

En la figura 20 se observa la interfaz de inicio de la aplicación, en el cual, al dar clic en el botón de ingresar, muestra otra interfaz donde muestra información sobre la aplicación.



Figura 20. Ingreso a la Aplicación

En la figura 21 se observa la interfaz de Acerca de se puede observar un pequeño resumen de la aplicación, el mismo que dará a conocer al usuario para que sirve la misma.



Figura 21. Interfaz Acerca de

En la figura 22 se permite visualizar la interfaz de como el usuario debe tomar la fotografía a la planta de maíz, misma que deberá tener un objeto referencial y al seleccionar capturar imagen, la cámara del dispositivo es activada para la respectiva fotografía.

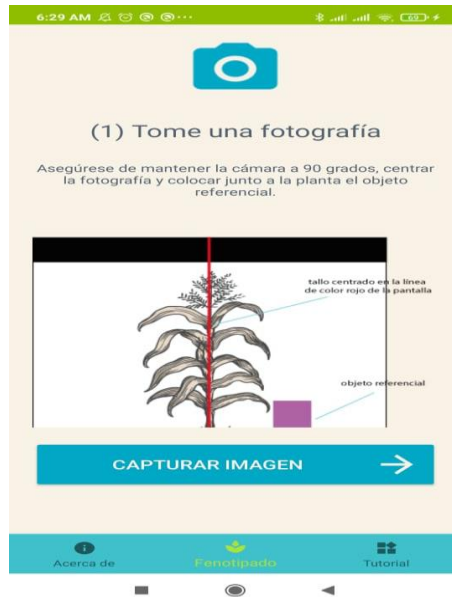


Figura 22. Interfaz para la realización de la captura de foto.

En la figura 23 se puede observar el procedimiento que realiza la aplicación para sacar las medidas de la planta y a su vez el usuario debe ingresar las medidas del objeto referencial que puso y del soporte de la planta.

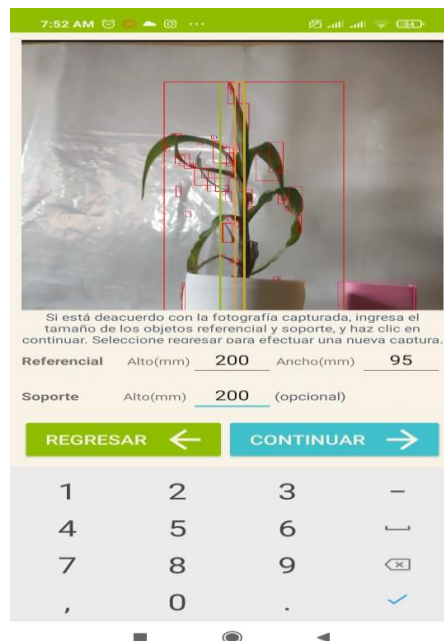


Figura 23. Interfaz de medición de la longitud y el diámetro del tallo.

En la figura 24 se observa los resultados de la longitud y diámetro de la planta de maíz, analizados en la imagen tomada a la misma.



Figura 24. Interfaz de resultados de la medida de la longitud y diámetro del tallo de la planta de maíz

En la figura 25 se puede visualizar la interfaz de tutorial de uso en la cual se muestran los pasos a seguir de cómo funciona la aplicación.



Figura 25. Interfaz tutorial de uso de la aplicación

5.3. Plan de pruebas

Tabla 9. Casos de prueba de la historia de Usuario 1. Segmentación de la planta de maíz.

Historia de usuario: HU001	Autor del Caso de Prueba: Diana Cando
ID/Nombre Caso de Prueba: CP001	Fecha de Creación: 25 de Mayo del 2021
Versión 1.0	Fecha de Ejecución: 08 de Julio del 2021

Flujo de pasos de la Prueba:			
Nro.	Descripción del paso	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
1	La aplicación le permite el ingreso al usuario.	La aplicación le permite el ingreso al usuario.	La aplicación si le permite ingresar al usuario.
2	El usuario toma la fotografía de la planta de maíz.	La aplicación móvil permite al usuario tomar una fotografía de la planta de maíz.	La aplicación si le permite al usuario tomar la fotografía de la planta.
3	La aplicación móvil toma una foto y segmenta la planta de maíz.	La aplicación móvil toma una foto y segmenta la planta de maíz.	La aplicación si segmenta la planta.
Decisión de Aprobación del Caso de Prueba: Aprobó: <input checked="" type="checkbox"/> Fallo: <input type="checkbox"/>			
Nombre y firma del Probador		Diana Cando	
Nombre y firma del Cliente			
Fecha de Aprobación del Caso de Prueba: 10 de Julio del 2021			

Tabla 10. Casos de prueba de la historia de Usuario 2. Medir la longitud de la planta de maíz.

Historia de usuario: HU002		Autor del Caso de Prueba: Diana Cando	
ID/Nombre Caso de Prueba: CP002		Fecha de Creación: 1 de Junio del 2021	
Versión 1.0		Fecha de Ejecución: 08 de Julio del 2021	
Flujo de pasos de la Prueba:			
Nro.	Descripción del paso	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
1	La aplicación realiza el cálculo de la longitud de maíz.	La aplicación realiza el cálculo de la longitud de maíz.	La aplicación si realiza satisfactoriamente el cálculo de la longitud del maíz.
2	No se captura la planta.	La aplicación no podrá medir la longitud.	La aplicación si permite medir la longitud.
Decisión de Aprobación del Caso de Prueba: Aprobó: <input checked="" type="checkbox"/> Fallo: <input type="checkbox"/>			
Nombre y firma del Probador		Diana Cando	

Nombre y firma del Cliente		
Fecha de Aprobación del Caso de Prueba: 10 de Julio del 2021		

Tabla 11. Casos de prueba de la historia de Usuario 3. Medir el diámetro del tallo de la planta de maíz

Historia de usuario: HU003		Autor del Caso de Prueba: Diana Cando	
ID/Nombre Caso de Prueba: CP003		Fecha de Creación: 20 de Junio del 2021	
Versión 1.0		Fecha de Ejecución: 08 de Julio del 2021	
Flujo de pasos de la Prueba:			
Nro.	Descripción del paso	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
1	La aplicación realiza el cálculo del diámetro del tallo de maíz.	La aplicación realiza el cálculo del diámetro del tallo de maíz.	La aplicación le permite al usuario calcular el diámetro del tallo.
2	No se captura la planta.	La aplicación no podrá medir el diámetro.	La aplicación mide el diámetro del tallo.
Decisión de Aprobación del Caso de Prueba: Aprobó: <input checked="" type="checkbox"/> Fallo: <input type="checkbox"/>			
Nombre y firma del Probador		Diana Cando	
Nombre y firma del Cliente			
Fecha de Aprobación del Caso de Prueba: 10 de Julio del 2021			

5.4. Evaluación de longitud y diámetro de la planta de maíz utilizando el Error Cuadrático Medio (RMSE)

Para evaluar la longitud y diámetro del tallo de la planta de maíz se utilizó el error cuadrático medio.

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}$$

Figura 26. Formula del RMSE

RMSE básicamente mide el error cuadrado promedio de nuestras predicciones. Para cada punto, calcula la diferencia cuadrada entre las predicciones y el objetivo y luego promedia esos

valores. En base a esta métrica hemos realizado un análisis de error que tiene la aplicación en base a los datos reales tanto en la longitud y diámetro del tallo de la planta de maíz.

Tabla 12. Datos para el cálculo del RMSE

Nº	LONGITUD REAL (Milímetros)	LONGITUD APLICACIÓN (Milímetros)	DIÁMETRO REAL (Milímetros)	DIÁMETRO APLICACIÓN (Milímetros)	IMAGEN ANEXO 2
1	407	414	10	13	Muestra_01
2	510	511	15	12	Muestra_02
3	657	658	20	23	Muestra_03
4	695	691	29	38	Muestra_04
5	942	933	31	33	Muestra_05
6	1168	1168	25	20	Muestra_06
7	370	372	17	20	Muestra_07
8	560	551	15	10	Muestra_08
9	270	273	8	5	Muestra_09
10	665	672	21	25	Muestra_10
11	403	404	11	7	Muestra_11
12	703	709	14	19	Muestra_12
13	552	546	33	38	Muestra_13
14	414	414	11	13	Muestra_14
15	621	618	19	27	Muestra_15
16	315	323	13	16	Muestra_16
17	733	742	29	37	Muestra_17
18	947	933	28	33	Muestra_18
19	755	758	18	10	Muestra_19
20	522	531	16	20	Muestra_20
21	490	493	10	6	Muestra_21
22	721	713	17	12	Muestra_22
23	509	510	25	31	Muestra_23
24	627	629	10	17	Muestra_24
25	425	434	23	27	Muestra_25
26	402	395	15	9	Muestra_26
27	540	534	15	20	Muestra_27
28	671	665	25	30	Muestra_28
29	572	568	10	9	Muestra_29
30	109	110	25	18	Muestra_30
31	605	598	18	11	Muestra_31
32	637	630	10	17	Muestra_32
33	772	770	15	15	Muestra_33
34	801	795	18	16	Muestra_34

Nº	LONGITUD REAL (Milímetros)	LONGITUD APLICACIÓN (Milímetros)	DIÁMETRO REAL (Milímetros)	DIÁMETRO APLICACIÓN (Milímetros)	IMAGEN ANEXO 2
35	845	852	20	17	Muestra_35
36	570	579	18	17	Muestra_36
37	683	675	15	17	Muestra_37
38	632	630	13	5	Muestra_38
39	625	629	30	28	Muestra_39
40	781	775	20	32	Muestra_40
41	1130	1125	20	18	Muestra_41
42	772	776	17	19	Muestra_42
43	570	566	10	9	Muestra_43
44	1040	1044	30	34	Muestra_44
45	558	561	11	9	Muestra_45
46	592	590	15	20	Muestra_46
47	851	844	20	17	Muestra_47
48	930	925	15	11	Muestra_48
49	920	923	15	14	Muestra_49
50	1109	1110	28	14	Muestra_50

Tabla 13. Cálculo del RMSE

Nº	LONGITUD		DIÁMETRO	
	X	X2(cuadrado del error)	X	X2(cuadrado del error)
1	-7	49	-3	9
2	-1	1	3	9
3	-1	169	-3	9
4	4	100	-9	81
5	9	81	-2	4
6	0	0	5	25
7	-2	144	-3	9
8	9	81	5	25
9	-3	9	3	9
10	-7	49	-4	16
11	-1	1	4	16
12	-6	36	-5	25
13	6	36	-5	25
14	0	0	-2	4
15	3	9	-8	64
16	-8	64	-3	9
17	-9	81	-8	64

	LONGITUD		DIÁMETRO	
Nº	X	X2(cuadrado del error)	X	X2(cuadrado del error)
18	2	196	-5	25
19	-3	9	8	64
20	-9	81	-4	16
21	-3	289	4	16
22	8	64	5	25
23	-1	144	-6	36
24	-2	121	-7	49
25	-9	81	-4	16
26	7	49	6	36
27	6	36	-5	25
28	6	36	-5	25
29	4	16	1	1
30	-1	1	7	49
31	7	49	7	49
32	7	49	-7	49
33	2	4	0	0
34	6	36	2	4
35	-7	49	3	9
36	-9	81	1	1
37	8	64	-2	4
38	2	4	8	64
39	-4	16	2	4
40	6	36	-12	144
41	5	25	2	4
42	-4	16	-2	4
43	4	16	1	1
44	-4	16	-4	16
45	-3	9	2	4
46	2	4	-5	25
47	7	49	3	9
48	5	25	4	16
49	-3	9	1	1
50	-1	1	14	196
TOTAL		1467	TOTAL	1390
RMSE (Longitud)=5,41 milímetros			RMSE (Diámetro)=5,27 milímetros	

5.5. Validación de la hipótesis

5.5.1. Juicio de Experto

Para la validación de la hipótesis se aplicó el juicio de expertos, el responsable del Programa Fruticultor de la Zona Central (INIAP) el Ingeniero Agrónomo Aníbal Arturo Martínez Salinas, verificó la fiabilidad de la aplicación móvil por medio de un cuestionario. El experto valoró que la aplicación móvil calcula la longitud y el diámetro del tallo de la planta de maíz aspectos considerados dentro de la fenometría vegetativa. La aplicación móvil servirá de ayuda para los ingenieros agrónomos, técnicos y agricultores, ver el anexo 3.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- La investigación realizada en fuentes bibliográficas primarias y secundarias permitió la construcción del marco teórico, así como también la selección de herramientas, técnicas y metodologías aplicadas a lo largo del desarrollo de la investigación.
- Se aplicó la segmentación como una de las técnicas usadas en el procesamiento digital de imágenes para el aislamiento del maíz del resto de objetos presentes en las fotografías.
- La técnica seleccionada para el cálculo de la longitud y el diámetro del tallo del maíz en una imagen digital se basó en un objeto referencial colocado junto a la planta, con un RMSE para la longitud de 5,41 milímetros y para el diámetro con 5,27 milímetros.
- Se implementó una aplicación móvil para el observar la fenometría del maíz tomando en consideración la longitud y el diámetro del tallo de la planta.

6.2. Recomendaciones

- Se sugiere completar con otro trabajo de investigación los diferentes aspectos que conlleva el control de la fenometría del maíz como número de horas, largo de la hoja, ancho de la hoja, área foliar y biomasa.
- Para mejorar la precisión del cálculo de la longitud y diámetro de tallo de la planta de maíz emplear imágenes con distintas variaciones de iluminación.
- Se mejora la medición de la longitud y el diámetro del tallo de la planta de maíz capturando la fotografía de manera frontal a 90 grados y colocar el objeto referencial a la misma altura de la planta de maíz.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Izquierdo, “EVALUACIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*), COMO COMPLEMENTO A LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS DE LECHE EN ÉPOCAS DE ESCASEZ DE ALIMENTO,” Tesis, pp. 1–100, 2012, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>.
- [2] J. Coral, “CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE DOS GENOTIPOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LA ZONA MEDIA DE LA PARROQUIA MALCHINGUÍ,” p. 93, 2017, [Online]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13056/1/T-UCE-0004-42-2017.pdf>.
- [3] A. de S. a la C. y D. de M. Agropecuarios, “Origen del Maíz,” 2018. <https://www.gob.mx/aserca/articulos/conoces-el-origen-del-maiz?idiom=es> (accessed Jun. 16, 2021).
- [4] A. Abad and M. Pinto, “Valor cultural del maíz y tecnologías ancestrales en la parroquia Cayambe de Ecuador,” *Chakiñan, Rev. Ciencias Soc. Y Humanidades*, no. 2, pp. 47–60, 2017, doi: 10.37135/chk.002.02.05.
- [5] Importancia.org, “Importancia del Maíz,” 2016. <https://www.importancia.org/?s=Maíz> (accessed Jun. 14, 2021).
- [6] J. Hernández, “Situación del cultivo de maíz en Ecuador: investigación y desarrollo de tecnologías en el Iniap,” IV Congr. Semillas, 2019.
- [7] M. Valverde, “Caracterización E Identificación De Razas De Maíz En La Provincia,” Carrera Ing. Agronómica, p. 86, 2015, [Online]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22897/1/Tesis.pdf>.
- [8] C. Chaqui, “Formación de una variedad experimental de maíz amarillo suave (*Zea mays* l.) tipo ‘Mishca’ a partir de medios hermanos y hermanos completos. Tumbaco, Pichincha.,” p. 85, 2013, [Online]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1059/1/T-UCE-0004-11.pdf>.
- [9] H. Deras, “Guía técnica. El cultivo del maíz,” *Guía Tec. El Cultiv. Del Maiz*, vol. 1, p. 40, 2012, [Online]. Available: <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>.
- [10] A. E. Badillo, EVALUACIÓN DEL APORTE DE GALLINAZA FRESCA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mais*) VARIEDAD INIAP 122, EN

DOSIS DIFERENTES, EN LA PARROQUIA MALCHINGUÍ, CANTÓN PEDRO MONCAYO, PROVINCIA PICHINCHA. 2016.

- [11] G. de México, “Maíz,” 2019. <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/maiz#:~:text=Tallo,se realiza un corte transversal.> (accessed Jun. 16, 2021).
- [12] J. Ramos, “Respuesta fenológica y fenométrica del maíz (*Zea Mays*) A la aplicación de diferentes dosis de biosólidos de origen urbano.,” 2013.
- [13] C. Jhony, “Procesamiento y Análisis de Imágenes Digitales,” vol. 151, pp. 10–17, 2015, doi: 10.1145/3132847.3132886.
- [14] N. L. Fernández, “Introducción a la Visión Artificial,” Dep. Informática y Análisis Numérico, vol. 1, pp. 1–35, 2018.
- [15] V. Alvear Puertas, P. Rosero Montalvo, D. Peluffo Ordóñez, and J. Pijal Rojas, “Internet de las Cosas y Visión Artificial, Funcionamiento y Aplicaciones: Revisión de Literatura,” Enfoque UTE, vol. 8, no. 1, pp. 244–256, 2017, doi: 10.29019/enfoqueute.v8n1.121.
- [16] COGNEX, “Introducción a la Visión Artificial,” no. November, pp. 2–4, 2014, doi: 10.13140/2.1.1072.6722.
- [17] J. P. Alvarado, “Procesamiento y análisis de imagen digitales,” Inst. Tecnológico Costa Rica, 2012.
- [18] J. Mejía, “Procesamiento digital de imágenes,” Perfiles Educ., no. 72, 2016.
- [19] E. Cea, “Estudio y aplicación de la librería OpenCV sobre la arquitectura ARM , para el control de agentes robóticos móviles usando visión artificial,” Univ. del Bío-Bío, p. 71, 2018.
- [20] G. Viera, “Procesamiento de imágenes usando OpenCV aplicado en Raspberry Pi para la clasificación del cacao,” Univ. Piura, p. 136, 2017, [Online]. Available: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2916/IME_218.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [21] V. Arévalo and G. González, “La librería de visión artificial opencv aplicación a la docencia e investigación,” pp. 1–6, 2002.

- [22] N. Aguirre Dobernack, “Procesamiento de imagenes,” vol. 3, pp. 42–72, 2016.
- [23] M. López Castañeda, “Las Apps y tipos de Apps,” Univ. Tecnológica Pereira, 2015.
- [24] A. Nieto, “¿Qué es Android?,” 2016. <https://www.xatakandroid.com/sistema-operativo/que-es-android#:~:text=Android es un sistema operativo,operativo libre%2C gratuito y multiplataforma.> (accessed Jun. 14, 2021).
- [25] W. Zambrano, “ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS DE DESARROLLO ÁGIL EN BASE AL DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL,” Ekp, vol. 13, no. 3, pp. 1576–1580, 2017.

8. ANEXOS

Anexo 1: Fotografías de plantas de maíz



Figura 27. Fotos de Plantas de maíz



Figura 28. Planta de maíz prueba 1

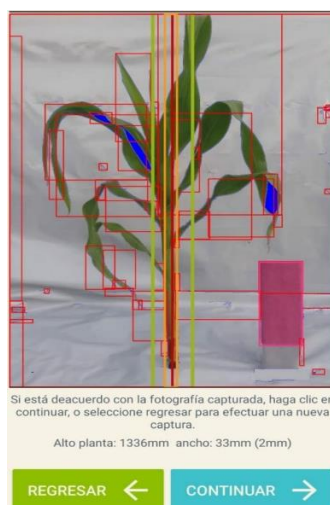


Figura 29. Planta de maíz prueba 2



Figura 30. Planta de maíz prueba 3.























Figura 31. Equipo de trabajo.







































Figura 32. Medición de la longitud de la planta.



















Anexo 2: Muestras tomadas de plantas de maíz en la provincia de Tungurahua. Se consideró los datos de diámetro y longitud del tallo para su respectivo análisis de una forma manual.





Tabla 14. Muestras de las plantas de maíz

<p><i>Muestra_01</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud apróx: 414 mm Diámetro apróx: 13mm - 101mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_02</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>ongitud apróx: 551 mm Diámetro apróx: 10mm - 17mm - 108mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p><i>Muestra_03</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud apróx: 658 mm Diámetro apróx: 23mm - 6mm - 58mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_04</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud apróx: 691 mm Diámetro apróx: 38mm - 122mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p><i>Muestra_05</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud apróx: 933 mm Diámetro apróx: 86mm - 33mm - 82mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_06</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud apróx: 1168 mm Diámetro apróx: 65mm - 2mm - 66mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p><i>Muestra_07</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud apróx: 372 mm Diámetro apróx: 20mm - 25mm - 46mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_08</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud apróx: 551 mm Diámetro apróx: 10mm - 17mm - 108mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p><i>Muestra_09</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud apróx: 273 mm Diámetro apróx: 5mm - 46mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_10</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud apróx: 672 mm Diámetro apróx: 25mm - 155mm - 146mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>

<p>Muestra_11</p>  <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 404 mm Diámetro aprox: 7mm - 38mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p>Muestra_12</p>  <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 709 mm Diámetro aprox: 19mm - 23mm - 90mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p>Muestra_13</p>  <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 546 mm Diámetro aprox: 38mm - 62mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p>Muestra_14</p>  <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 414 mm Diámetro aprox: 13mm - 101mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p>Muestra_15</p>  <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 618 mm Diámetro aprox: 27mm - 34mm - 73mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p>Muestra_16</p>  <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 323 mm Diámetro aprox: 16mm - 116mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p>Muestra_17</p>  <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 742 mm Diámetro aprox: 37mm - 62mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p>Muestra_18</p>  <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 933 mm Diámetro aprox: 86mm - 33mm - 82mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p>Muestra_19</p>  <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 758 mm Diámetro aprox: 10mm - 57mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p>Muestra_20</p>  <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 531 mm Diámetro aprox: 20mm - 96mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p>Muestra_21</p>  <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 493 mm Diámetro aprox: 6mm - 22mm - 77mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p>Muestra_22</p>  <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 713 mm Diámetro aprox: 65mm - 12mm - 75mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>

<p><i>Muestra_23</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 510 mm Diámetro aprox: 31mm - 92mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_24</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 629 mm Diámetro aprox: 17mm - 108mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p><i>Muestra_25</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 434 mm Diámetro aprox: 27mm - 6mm - 43mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_26</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 390 mm Diámetro aprox: 9mm - 54mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p><i>Muestra_27</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 534 mm Diámetro aprox: 20mm - 42mm - 67mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_28</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 647 mm Diámetro aprox: 30mm - 39mm - 72mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p><i>Muestra_29</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 561 mm Diámetro aprox: 9mm - 59mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_30</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 1100 mm Diámetro aprox: 18mm - 65mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p><i>Muestra_31</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 598 mm Diámetro aprox: 9mm - 11mm - 37mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_32</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 625 mm Diámetro aprox: 17mm - 55mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p><i>Muestra_33</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 753 mm Diámetro aprox: 15mm - 67mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_34</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 786 mm Diámetro aprox: 16mm - 45mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>

<p><i>Muestra_35</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 867 mm Diámetro aprox: 173mm - 57mm - 35mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_36</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 579 mm Diámetro aprox: 17mm - 51mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p><i>Muestra_37</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 672 mm Diámetro aprox: 4mm - 28mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_38</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 618 mm Diámetro aprox: 5mm - 24mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p><i>Muestra_39</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 756 mm Diámetro aprox: 32mm - 80mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_40</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 756 mm Diámetro aprox: 32mm - 80mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p><i>Muestra_41</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 1013 mm Diámetro aprox: 33mm - 20mm - 40mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_42</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 776 mm Diámetro aprox: 19mm - 43mm - 53mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p><i>Muestra_43</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 561 mm Diámetro aprox: 9mm - 59mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_44</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 1044 mm Diámetro aprox: 4mm - 54mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>
<p><i>Muestra_45</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 561 mm Diámetro aprox: 9mm - 59mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>	<p><i>Muestra_46</i></p> 	 <p>(2) Analice los resultados</p> <p>Seleccione "reiniciar" si desea empezar el proceso nuevamente, o cerrar para regresar al menú principal</p> <p>DIMENSIONES DEL TALLO</p> <p>Longitud aprox: 581 mm Diámetro aprox: 5mm - 20mm - 78mm</p> <p>REINICIAR ← CERRAR ×</p>

<p style="text-align: center;"><i>Muestra_47</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Muestra_48</i></p> 
<p style="text-align: center;"><i>Muestra_49</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Muestra_50</i></p> 

Anexo 3: Instrumento aplicado a Expertos

Guía para validar instrumentos de investigación

2



**Ingeniería
Informática Y Sistemas
Computacionales**

TEMA: DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL MONITOREO DE LA FENOMETRÍA VEGETATIVA DEL MAÍZ AMARILLO, EN LA SIERRA CENTRAL ECUATORIANA.

TUTORA:

Ing. Mtr. Cantuña Flores Karla Susana

ESTUDIANTES:

Cando Sarango Diana Aracely

Rojano Guamaní Vladimir Javier

TÍTULO, RESUMEN, OBJETIVOS, HIPÓTESIS.....	4
1. Título	4
2. Resumen	4
3. Objetivos: General y específicos	4
Objetivo general:	4
Desarrollar de una aplicación móvil para el monitoreo de la fenometría vegetativa del maíz amarillo en la sierra central ecuatoriana empleando el procesamiento digital de imágenes.	4
4. Hipótesis	4
La aplicación móvil monitorea la fenometría vegetativa del maíz amarillo en la sierra central ecuatoriana.....	4
FORMULARIO.....	5
ANEXO 1. FOTOS	10
ANEXO 2. VALIDACION POR EXPERTOS DEL CUESTIONARIO	11

TÍTULO, RESUMEN, OBJETIVOS, HIPÓTESIS

1. Título

Desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo de la fenometría vegetativa del maíz amarillo, en la sierra central ecuatoriana.

2. Resumen

Este trabajo se analiza la fenometría de la planta de maíz, es decir se estudia el crecimiento de la planta a través de la medición de la altura y ancho del tallo por medio de una aplicación móvil.

La aplicación está desarrollada para el uso en las labores agrícolas por parte de agricultores y técnicos de la sierra central ecuatoriana. La técnica usada para la medición y altura basada en reconocimiento digital de imágenes, mientras que para el desarrollo de la app móvil se empleó la metodología Mobile-D y la librería OpenCV.

3. Objetivos: General y específicos

Objetivo general:

Desarrollar de una aplicación móvil para el monitoreo de la fenometría vegetativa del maíz amarillo en la sierra central ecuatoriana empleando el procesamiento digital de imágenes.

Objetivos específicos:

- Definir las bases teóricas acerca de aplicaciones móviles y fonometría de la planta de maíz.
- Aplicar técnicas de procesamiento digital de imágenes en las fotografías de las plantas de maíz.
- Seleccionar la mejor técnica de medición de la altura y diámetro de la planta de maíz.
- Implementar una aplicación móvil para monitorear la fonometría de la planta de maíz considerando el alto y diámetro del tallo.

4. Hipótesis

La aplicación móvil monitorea la fenometría vegetativa del maíz amarillo en la sierra central ecuatoriana

FORMULARIO

En las siguientes páginas usted evalúa el cuestionario para poder validarlo.

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las seis opciones que se presentan en los casilleros, siendo:

- 1 = muy en desacuerdo
- 2 = en desacuerdo
- 3 = en desacuerdo más que en acuerdo
- 4 = de acuerdo más que en desacuerdo
- 5 = de acuerdo
- 6 = muy de acuerdo

Objetivos y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 1:	Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)
Motivos por los que se consideren no adecuadas	Motivos por los que se consideren no pertinentes

Pregunta n.º 2

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo, 2 = en desacuerdo, 3 = en desacuerdo más que en acuerdo, 4 = de acuerdo más que en desacuerdo, 5 = de acuerdo, 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo
¿La aplicación cuenta con una interfaz amigable con el usuario?	1 2 3 4 5 6
Objetivos y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 2:	
Motivos por los que se consideren no adecuadas	
Motivos por los que se consideren no pertinentes	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

Pregunta n.º 3

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo, 2 = en desacuerdo, 3 = en desacuerdo más que en acuerdo, 4 = de acuerdo más que en desacuerdo, 5 = de acuerdo, 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo
¿La aplicación es capaz de medir la altura de la planta?	1 2 3 4 5 6
Objetivos y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 3:	
Motivos por los que se consideren no adecuadas	
Motivos por los que se consideren no pertinentes	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

Pregunta n.º 1

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)		Grado de acuerdo					
		1	2	3	4	5	6
¿Considera usted que la fenometría de la planta es un aspecto importante que se debe tomar en cuenta durante la producción del maíz?							X
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 1:							
Motivos por los que se considera no adecuada							
Motivos por los que se considera no pertinente							
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)							

Pregunta n.º 2

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)		Grado de acuerdo					
		1	2	3	4	5	6
¿La aplicación cuenta con una interfaz amigable con el usuario?							X
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 2:							
Motivos por los que se considera no adecuada							
Motivos por los que se considera no pertinente							
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)							

Pregunta n.º 3

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)		Grado de acuerdo					
		1	2	3	4	5	6
¿La aplicación es capaz de medir la altura de la planta?							X
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 3:							

Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

Pregunta n.º 4

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
¿La aplicación es capaz de medir el diámetro del tallo?						X
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 4:						
Motivos por los que se considera no adecuada						
Motivos por los que se considera no pertinente						
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)						

Pregunta n.º 5

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
¿La aplicación es capaz de mostrar un tiempo aproximado de vida de la planta maíz.		X				
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 5:						
Motivos por los que se considera no adecuada	Por que no se forma datos de la Hoja, de la Si, masa, y otros					
Motivos por los que se considera no pertinente	Es necesario tener información de otros componentes, Puntos Faltan.					
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	Se debe incorporar otros datos como cuatris suelo, Prosejo del tallo, Color de la Hoja, y de fruto.					

Pregunta n.º 6

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6

¿Considera usted que la aplicación móvil ayudará en las labores de campo a los agricultores y técnicos? X

Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 5:

Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

Evaluación general del cuestionario

	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del cuestionario		X		

Observaciones y recomendaciones en general del cuestionario:

Motivos por los que se considera no adecuada	<i>La forma de diseño de este cuestionario en la pregunta 5,</i>
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	<i>Se debe considerar siempre otras alternativas con mayor características físicas y químicas, psicológicas.</i>

Identificación del experto

Nombre y apellidos	<i>Amir Sal Antonio Martínez Solís.</i>
Filiación (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	<i>INIAP Responsable del Programa de Frutales Zona Central.</i>
E-mail	<i>amir.sal.martinez@iniap.gub.ve</i>
Teléfono o celular	<i>0994033878</i>
Fecha de la validación (día, mes y año):	<i>13-07-2021.</i>
Firma	

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este cuestionario.

Anexo 4: Comprobación del funcionamiento de la aplicación móvil con el Ing. Agrónomo. Aníbal Arturo Martínez Salinas.



Anexo 5: Casos de Uso General

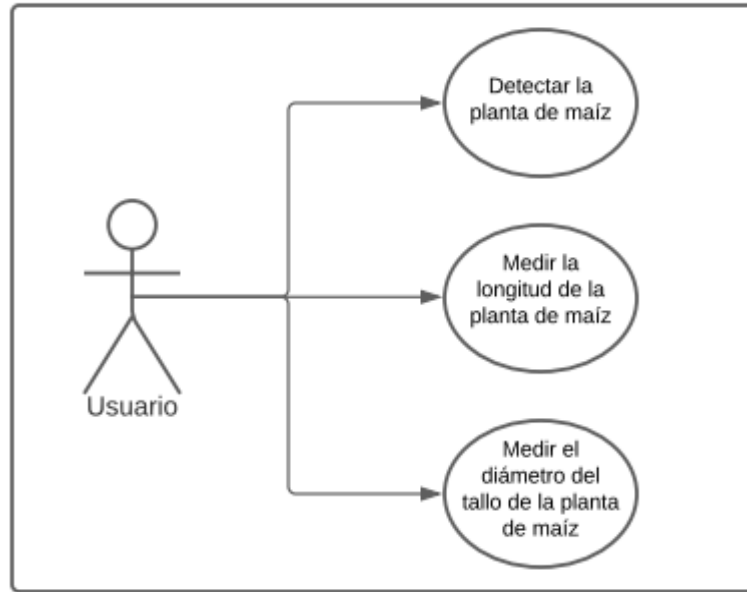


Figura 33. Caso de Uso General de la Aplicación Móvil

Anexo 6: Diagrama de bloques

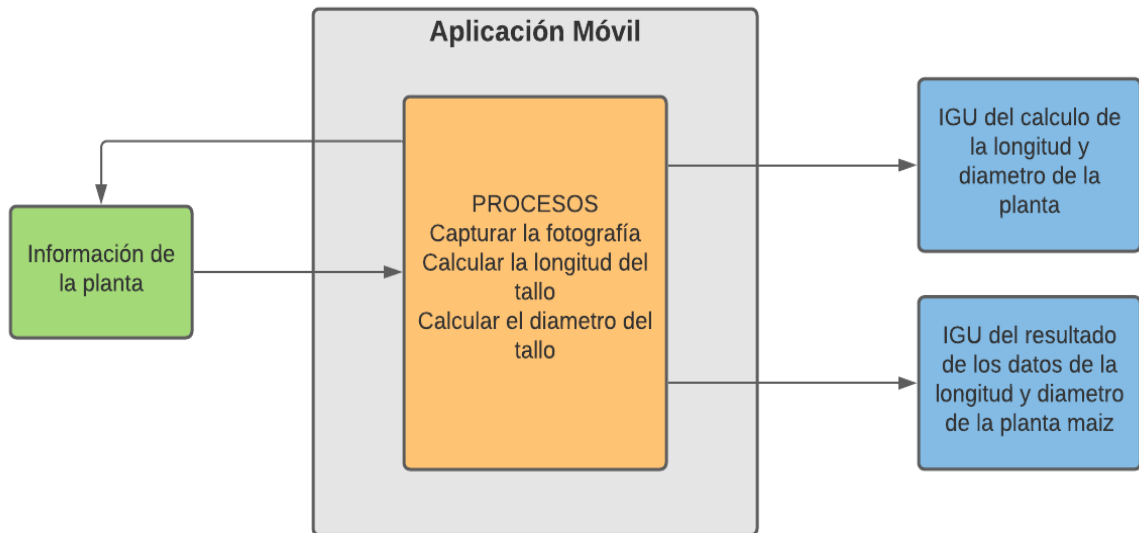


Figura 34. Diagrama de bloques de la aplicación móvil

Anexo 7: Código para la segmentación y cálculo de la longitud y diámetro del tallo de la planta de maíz.

En la figura 35 y 36 se puede observar el código en el cual permite que el usuario pueda utilizar la cámara posterior del dispositivo móvil.

```
//Consulta y/o solicita permiso al usuario para el manejo de la cámara posterior
@Override
protected void onStart() {
    super.onStart();
    //solicitando permiso
    int permissionCheck = ContextCompat.checkSelfPermission( context this, Manifest.permission.CAMERA);
    if (permissionCheck != PackageManager.PERMISSION_GRANTED) {
        if (ActivityCompat.shouldShowRequestPermissionRationale( activity: this, Manifest.permission.CAMERA)) {
        } else {
            ActivityCompat.requestPermissions( activity: this, new String[]{Manifest.permission.CAMERA}, MY_PERMISSIONS_REQUEST_CAMERA);
            Toast.makeText(getApplicationContext(), text: "request permission", Toast.LENGTH_SHORT).show();
        }
    } else {
        Toast.makeText(getApplicationContext(), text: "PERMISSION_ALREADY_GRANTED", Toast.LENGTH_SHORT).show();
        try {
            mCameraManager.openCamera(mCameraIdsList[0], mCameraStateCB, new Handler());
        } catch (CameraAccessException e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }
}

@Override
protected void onStop() {
    super.onStop();
    try {
        if (mCaptureSession != null) {
            mCaptureSession.stopRepeating();
            mCaptureSession.close();
            mCaptureSession = null;
        }
    }
}
```

Figura 35. Autorización de la cámara posterior

```
} catch (CameraAccessException e) {
    e.printStackTrace();
}

mCameraStateCB = new CameraDevice.StateCallback() {
    @Override
    public void onOpened(CameraDevice camera) {
        Toast.makeText(getApplicationContext(), text: "Conectado", Toast.LENGTH_SHORT).show();

        mCameraDevice = camera;
        mHandler.sendMessage(MSG_CAMERA_OPENED);
    }

    @Override
    public void onDisconnected(CameraDevice camera) {
        Toast.makeText(getApplicationContext(), text: "Desconectado", Toast.LENGTH_SHORT).show();
    }

    @Override
    public void onError(CameraDevice camera, int error) {
        Toast.makeText(getApplicationContext(), text: "Error", Toast.LENGTH_SHORT).show();
    }
};

/*inicialización sensor*/
txtanguloZ=(TextView) findViewById(R.id.txtanguloZ);
txtanguloLP=(TextView) findViewById(R.id.txtanguloLP);
mSensorManager = (SensorManager) getSystemService(this.SENSOR_SERVICE);
mSensorAcc = mSensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_ACCELEROMETER);
mSensorGyr = mSensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_GYROSCOPE);
mAccelerometer = mSensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_ROTATION_VECTOR);
mSensorManager.registerListener( listener: this, mSensorAcc, SensorManager.SENSOR_DELAY_NORMAL);
startOrientationListener();
```

Figura 36. Activación de la cámara del dispositivo móvil

En la figura 37 se observa el código para realizar el cálculo de las dimensiones, como la longitud y el ancho del tallo de la planta de maíz,

```
public void calcular_dimensiones(Integer alto_ref, Integer ancho_ref, Integer alto_tallo, Integer ancho_tallo, Integer alto_print, Integer ancho_print) {
    int alto_print=0; int ancho_print=0; int ancho_print_2=0; int ancho_print_3=0;
    String ancho_p=" ";
    if((alto_tallo>0)&&(alto_ref>0)) {
        alto_print = ((objeto_alto * alto_tallo) / alto_ref)-objeto_alto; //alto del tallo
    }
    if((ancho_tallo>0)&&(ancho_ref>0)) {
        ancho_print=(objeto_ancho*ancho_tallo)/ancho_ref;//ancho del tallo
        ancho_p=ancho_print+"mm - ";
    }
    if(ancho_ref>0) {
        if (ancho_tallo_2 > 0) {
            ancho_print_2 = (objeto_ancho * ancho_tallo_2) / ancho_ref;//ancho del tallo
            ancho_p += ancho_print_2 + "mm - ";
        }
        if (ancho_tallo_3 > 0) {
            ancho_print_3 = (objeto_ancho * ancho_tallo_3) / ancho_ref;//ancho del tallo
            ancho_p += ancho_print_3 + "mm - ";
        }
    }
}
```

Figura 37. Código del cálculo de la longitud y diámetro del tallo de la planta de maíz

Fragmento del código por el cual la aplicación obtiene las coordenadas de la imagen y de esta manera poder calcular la longitud del tallo de la planta de maíz, así como su diámetro, tomando en cuenta un punto inicial y uno final, en la figura 38.

```
public class Coordenada {
    private int x;
    private int y;

    public Coordenada(int x, int y) {
        this.x = x;
        this.y = y;
    }

    public int getX() { return x; }

    public void setX(int x) { this.x = x; }

    public int getY() { return y; }

    public void setY(int y) { this.y = y; }

    //retorna el menor punto --en cordenada x-- de un listado de puntos
    public Point minimox(List<Coordenada> puntosfinal){
        int minX1=puntosfinal.get(0).x;
        int minY1=puntosfinal.get(0).y;
        for(int i=0; i<puntosfinal.size();i++){
            if(puntosfinal.get(i).x<minX1){
                minX1=puntosfinal.get(i).x;
                minY1=puntosfinal.get(i).y;
            }
        }
        Point pmx=new Point(minX1,minY1);
    }
}
```

Figura 38. Coordenadas de la imagen

En la figura 39 se visualiza un fragmento del código donde la aplicación obtiene el listado de puntos del mismo que se obtiene el punto mayor y menor tanto en x como en y,

```

//retorna el menor punto --en cordenada y-- de un listado de puntos
public Point minimoy(List<Coordenada> puntosfinal, Point punto1){
    int minx1=puntosfinal.get(0).x;
    int miny1=puntosfinal.get(0).y;
    for(int i=0; i<puntosfinal.size();i++){
        if(puntosfinal.get(i).y<miny1){
            minx1=puntosfinal.get(i).x;
            miny1=puntosfinal.get(i).y;
        }
    }
    Point pmx=new Point(punto1.x,miny1);
    return pmx;
}

//retorna el mayor punto --en cordenada y-- de un listado de puntos
public Point maximoy(List<Coordenada> puntosfinal, Point punto1){
    int minx1=puntosfinal.get(0).x;
    int miny1=puntosfinal.get(0).y;
    for(int i=0; i<puntosfinal.size();i++){
        if(puntosfinal.get(i).y>miny1){
            minx1=puntosfinal.get(i).x;
            miny1=puntosfinal.get(i).y;
        }
    }
    Point pmx=new Point(punto1.x,miny1);
    return pmx;
}
}

```

Figura 39. Punto mayor y menor

El código fuente de la aplicación móvil se encuentra disponible en el siguiente link para su respectiva descarga

https://drive.google.com/drive/folders/1_JbxXll8ld57v-VaOh7bYixpU9pSkzG0?usp=sharing

Anexo 8: Estimación de costos

Estimación de Costo del Software por puntos de historia

Para la estimación de costos de software se realizó por puntos de historia de usuario, el presente proyecto tiene un total de 3 Historias de Usuario con los puntos designados a cada uno de ellos.

Tabla 15. Datos para el cálculo de Desarrollo de Software por puntos de historia

Datos	Costo
Sueldo del programador(S)	1212
Días laborables (dl)	20
Horas laborables (hl)	8
Total de puntos de historias (tdh)	9
Horas trabajadas (ht)	7

Presupuesto

pph= Precio por hora

CD= Costo de Desarrollo

Cálculo

$pph = (S/20)/hl$

$pph = (1212/20)/8$

pph= 7,58

$CD = (tdh*ht) pph$

$CD = (9*7)7,58$

CD= 477,54

El costo para desarrollo de software es de \$477,54

Presupuesto

Se incluye los gastos de la implementación del proyecto de investigación en términos de precios y cantidades reales de acuerdo con los rubros:

- Directos
- Indirectos

Gasto Directo

Tabla 16. Estimación de costos de los gastos directos

Rubro	Cantidad	Valor Unitario, USD \$	Total, USD \$
Desarrollo de Software (Costo Estimado en base a Puntos de Historia de Usuario)	1	477,54	477,54
Energía Eléctrica	4	18,00	72,00
Internet	4	30,00	120,00
Cuadernos	3	2,00	6,00
Esferos	10	0,25	2,50
Total, USD \$			678,04

Gastos Indirectos

Tabla 17. Estimación de costos de los gastos indirectos

Rubro	Cantidad	Valor Unitario, USD \$	Total, USD \$
Alimentación	100	1,50	150,00
Comunicación (Celular)	140	1,50	210,00
Transporte	50	1,00	50,00
Fotocopias	100	0,03	3,00
Total, USD \$			413,00

Gasto General

Tabla 18. Estimación de Gasto General

Gasto Directo	678,04
Gasto Indirecto	413,00
Gasto Total	1091,04
Gastos Imprevistos 12%	130,92
Total	1221,96

Anexo 9: Hoja de vida de investigadores

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

Nombres: Diana Aracely
Apellidos: Cando Sarango
Dirección: Guamaní – El Rocío
Teléfono (s): 0961061996
Cédula de identidad: 1725442592
Correo electrónico: diana.cando2592@utc.edu.ec
Ciudad / Provincia / País: Quito / Pichincha / Ecuador



INSTRUCCIÓN FORMAL

Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales (Estudiante 10mo semestre)	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	TERCER NIVEL
Bachiller en Comercio y Administración (6 años)	CONSEJO PROVINCIAL DE PICHINCHA	SECUNDARIA
Educación Básica (6 años)	UNIDAD EDUCATIVA LATINOAMÉRICA UNIDA	PRIMARIA

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

Nombres: Vladimir Javier
Apellidos: Rojano Guamaní
Dirección: Av. Adolfo Barriga y Ortega
Teléfono (s): 0983406927
Cédula de identidad: 1803948197
Correo electrónico: vladimir.rojano8197@utc.edu.ec
Ciudad / Provincia / País: Píllaro / Tungurahua / Ecuador



INSTRUCCIÓN FORMAL

Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales (Estudiante 10mo semestre)	TERCER NIVEL UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Bachiller de Servicios en Aplicaciones Informáticas (6 años)	SECUNDARIA UNIDAD EDUCATIVA LOS ANDES
Educación Básica (6 años)	PRIMARIA UNIDAD EDUCATIVA AGUSTO N. MARTÍNEZ