



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN
CAMPUS LOMA BONITA

INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN

MÉTODO DE OPTIMIZACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL CÁLCULO
DEL REQUERIMIENTO DE RIEGO MENSUAL ACUMULADO
IMPLEMENTADO EN UNA APLICACIÓN MÓVIL BASADA EN ANDROID

TESIS

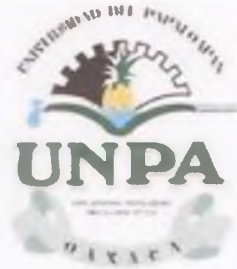
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN COMPUTACIÓN

PRESENTA:
C. JOSÉ ARTURO RÍOS VELÁZQUEZ

DIRECTOR DE TESIS:
DR. JOSÉ LUIS JUÁREZ PÉREZ

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO.

2018

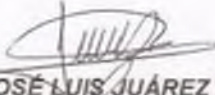


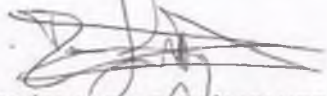
UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN


Campus Loma Bonita

INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN

LA PRESENTE TESIS TITULADA *"MÉTODO DE OPTIMIZACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO DE RIEGO MENSUAL ACUMULADO IMPLEMENTADO EN UNA APLICACIÓN MÓVIL BASADA EN ANDROID"* PRESENTADA POR EL SUSTENTANTE *C. JOSÉ ARTURO RÍOS VELÁZQUEZ* DE LA LICENCIATURA, BAJO LA DIRECCIÓN DEL *DR. JOSÉ LUIS JUÁREZ PÉREZ*, HA SIDO REVISADA Y ACEPTADA POR EL COMITÉ EXAMINADOR PARA SER DEFENDIDA EN EL EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN COMPUTACIÓN.


DR. JOSÉ LUIS JUÁREZ PÉREZ
DIRECTOR DE TESIS


M.C. JOSÉ DOMINGO JUÁREZ HERNÁNDEZ
REVISOR


DR. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ
REVISOR

UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

Oficio: ICOM/11/002/18

Loma Bonita, Oaxaca; a 13 de noviembre de 2018.

M.E. Yesenia Barrientos Arenal
Jefa del Departamento de Servicios Escolares
PRESENTE

Mediante la presente, le informo que la jefatura de carrera a mi cargo, con el visto bueno de la Vicerrectoría Académica, ha designado a los siguientes profesores como sinodales del examen profesional del alumno **José Arturo Ríos Velázquez**, quien defenderá su trabajo de tesis titulado **“Método de optimización para el mejoramiento del cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado implementado en una aplicación móvil basado en Android”**, para obtener el título de Licenciado en Ingeniería en Computación.

Titulares:

Presidente: **Dr. Miguel Ángel Sánchez Hernández**
Secretario: **M.C. José Domingo Juárez Hernández**
Vocal: **Dr. José Luis Juárez Pérez**.

Suplentes:

Dr. Sergio Fabian Ruiz Paz.
M.C. Sandro Geovani Vázquez Díaz.

Sin más por el momento, le envío un cordial saludo.



Atentamente
terra uberrima, mens aperta
Bou lo tama, chi, ji, jü

INGENIERÍA
COMPUTACIÓN

M.C. Ariel López Rodríguez
Jefe de la Carrera de Ingeniería en Computación

M.C. Héctor López Arjona
Vicerrector Académico

C.c.p.: M.C. Héctor López Arjona, Vicerrector académico. Para su conocimiento
C.c.p.: Archivo

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Dedico mis logros a Dios, a mi familia (papá y mamá) por demostrarme su gran amor, por enseñarme a ganarme las cosas honestamente, nunca desistir, nunca depender de nadie, así como superarme siempre sin importar la adversidad.

José Arturo Ríos Velázquez

Agradezco a la UNPA (Campus Loma Bonita) por la oportunidad brindada, a todos los profesores por sus enseñanzas, consejos, por haber compartido un poco de sus amplios conocimientos, así como también agradezco a todas las personas que he conocido en este trayecto, no digo nombres porque no quisiera que se me olvide uno, pero gracias a todos y todas por la convivencia con los cuales tuve en algún momento.

Agradezco a mi mamá y a mi papá por comprarme una computadora, la cual fue fundamental para terminar la tesis en los momentos más difíciles en mis estudios en la universidad (periodo de tesis). Del mismo modo agradezco a las personas designadas por tomarse el tiempo necesario para revisar este humilde trabajo de tesis.

José Arturo Ríos Velázquez

RESUMEN

Actualmente en la agricultura o área relacionada el tiempo dedicado en realizar el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado de un determinado cultivo (anual o perenne), de acuerdo con la información accesible y fundamental en la estimación de los coeficientes periódicos mensuales previos al cálculo de la evapotranspiración real; no es ágil el procesamiento de datos, por tal motivo en este trabajo de tesis se desarrolló la propuesta de (MOCRRMA) “método unificado de optimización para el mejoramiento en el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado” implementado en una aplicación móvil “COMPU_JARV_AGRO” basado en Android, el cual permite automatizar y agilizar el proceso en el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado en la producción de cultivos a mayor escala (Hectáreas), en sus dos etapas previas (etapa 1: estimación de la evapotranspiración real y la etapa 2: estimación de la precipitación efectiva mensual corregida).

El método unificado (MOCRRMA) es el resultado de la unificación de las dos metodologías existentes (el método de “Doorenbos y Pruitt” y el método de “Blaney y Criddle” modificado por Phelan) con la finalidad de obtener el requerimiento de riego mensual acumulado de un determinado cultivo relacionado directamente con su fenología desde la fecha de siembra a la fecha de cosecha.

En vista que en el uso del método unificado (MOCRRMA) implementado en la aplicación móvil “COMPU_JARV_AGRO”, obtiene resultados favorables en relación con la estimación de la evapotranspiración real y la estimación de la precipitación efectiva mensual corregida, los resultados de esta investigación permiten que el agricultor optimice, el consumo de agua aplicada en la agricultura o área relacionada.

ABSTRACT

Currently in Agriculture or in related areas to Agriculture the time dedicated in performing the calculation of the required accumulative monthly irrigation request of a specific crop (annual or perennial); according to the accessible and fundamental information in the estimation of the monthly periodic coefficients prior to the calculation of the real evapotranspiration; data processing is not agile, for this reason the proposal of the (MOCRRMA) method is presented in this thesis. The unified method of optimization for the improvement in the calculation of the accumulative monthly irrigation request” implemented in the mobile “COMPU_JARV_AGRO” application based on Android, which allows automation and to streamline the process in the calculating as the accumulative monthly irrigation request in the production of crops on a larger scale (Hectares), in its two previous stages (stage 1: estimation of the real evapotranspiration and stage 2: estimation of the corrected effective monthly precipitation).

The unified (MOCRRMA) method is the result of the unification of the following two existing methodologies (“Doorenbos and Pruitt” and the “Blaney and Criddle” method modified by Phelan) with the purpose of obtaining the accumulative monthly irrigation request of a given crop related directly to its phenology from the date of sowing to the date of harvest.

In view of the fact of the use of the unified (MOCRRMA) method implemented in the mobile “COMPU_JARV_AGRO” application, favorable results were obtained in relation to the estimation of the real evapotranspiration and the estimation of the corrected effective monthly precipitation, the results of this research allows the farmer to optimize, the consumption of water consumed in agriculture or in related areas.

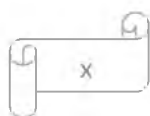
CONTENIDO

	Página
LISTADO DE FIGURAS	xiii
LISTADO DE TABLAS	xv
LISTADO DE ACRÓNIMOS	xvii
Capítulo I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problemática	3
1.2. Justificación y Propuesta	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Alcances y limitaciones	5
1.4.1. Alcances	5
1.4.2. Limitaciones	6
Capítulo II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Evapotranspiración	8
2.1.1. Tipos de evapotranspiración	9
2.2. Estimación de la evapotranspiración real	10
2.2.1. Coeficientes periódicos del cultivo	11
2.3. Precipitación efectiva, Lluvia efectiva o Lluvia aprovechable	13
2.3.1. Estimación de la precipitación efectiva mensual	15
Capítulo III. SISTEMA OPERATIVO ANDROID	16
3.1. Características del sistema operativo Android	17
3.2. Versiones de Android	18
3.2.1. 1ra. Generación. Petit Four, Cupcake, Donut	18
3.2.2. 2da. Generación. Eclair, Froyo y Gingerbread	18
3.2.3. 3ra. Generación. Honeycomb	18

3.2.4.	4ta. Generación. Jelly Bean y Kitkat	19
3.2.5.	5ta Generación. Lollipop.....	19
3.2.6.	6ta. Generación. Marshmallow	19
3.2.7.	7ma. Generación. Nougat.....	19
3.2.8.	8va. Generación. ¿Oreo?	20
3.3.	Actividades	20
3.3.1.	Administración del ciclo de vida de una actividad	21
3.3.1.1.	Reanudada.....	21
3.3.1.2.	Pausada	21
3.3.1.3.	Detenida.....	21
3.3.2.	Métodos existentes en el ciclo de vida de una Actividad.....	22
3.3.2.1.	onCreate	23
3.3.2.2.	onStart.....	23
3.3.2.3.	onPause	23
3.3.2.4.	onResume.....	23
3.3.2.5.	onStop.....	23
3.3.2.6.	onRestart.....	23
3.3.2.7.	onDestroy.....	23
3.3.2.8.	onSaveInstanceState	24
3.4.	Arquitectura del sistema operativo Android	24
3.5.	Herramienta SQLite Manager	26
3.6.	IDE Android Studio	29
3.6.1.	Estructura del proyecto.....	30
Capítulo IV. SEGMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DEL MÉTODO UNIFICADO DE OPTIMIZACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO DE RIEGO MENSUAL ACUMULADO (MOCRRMA).....		33

4.1 . Métodos aplicados para calcular el requerimiento de riego mensual acumulado de un determinado cultivo	34
4.2 . Segmentaciones equivalentes al método unificado (MOCRRMA).....	35
4.2.1. ETAPA 0. Datos de entrada	37
4.2.2. ETAPA 1. Evapotranspiración real	38
4.2.3. ETAPA 2. Precipitación efectiva mensual corregida	39
4.2.4. ETAPA resultante respecto con la (ETAPA 0, 1 y 2).....	40
4.3 . Método unificado (MOCRRMA) equivalente al diagrama de flujo generado.....	41
4.3.1. Descripción del Método unificado (MOCRRMA)	41
4.3.1.1. BLOQUE 1: Datos de entrada	41
4.3.1.1.1. PROCESO 1: Ubicación del terreno y estación climatológica.....	41
4.3.1.1.2. PROCESO 2: Cultivo.....	43
4.3.1.1.3. PROCESO 3: Datos del suelo del terreno	45
4.3.1.2. BLOQUE 2: Ciclo vegetativo del cultivo	47
4.3.1.2.1. PROCESO 1: Fragmentar la fecha de siembra y la fecha de cosecha para que el proceso de abstracción de la información sea rápido.....	47
4.3.1.2.2. PROCESO 2: Posible caso de la inversa aplicada a la fecha de siembra y a la fecha de cosecha de “x” cultivo	48
4.3.1.2.3. PROCESO 3: Duración en días correspondiente a la fecha de siembra y a la fecha de cosecha.....	48
4.3.1.3. BLOQUE 3: Factor climático mensual	48
4.3.1.3.1. PROCESO 1: Duración relativa mensual.....	48
4.3.1.3.2. PROCESO 2: Ajuste de la temperatura realizada por (Blaney y Criddle) y la obtención del factor climático mensual	49
4.3.1.4. BLOQUE 4: Coeficiente periódico mensual	51
4.3.1.4.1. PROCESO 1: Porcentajes (%) de desarrollo, referentes al ciclo vegetativo del cultivo trigo	51

4.3.1.4.2.	BLOQUE 2: Porcentajes (%) acumulados resultantes ordenados, referentes al ciclo vegetativo del cultivo trigo.....	54
4.3.1.4.3.	BLOQUE 3: Coeficientes periódicos mensuales.....	55
4.3.1.5.	BLOQUE 5: Cálculo de la evapotranspiración real	57
4.3.1.5.1.	PROCESO 1: Calcular el ajuste de la temperatura realizada por el investigador Phelan y la obtención de la evapotranspiración no ajustada.....	57
4.3.1.5.2.	PROCESO 2: Coeficiente global del cultivo calculado.....	58
4.3.1.5.3.	PROCESO 3: Calcular el factor de ajuste (J)	59
4.3.1.5.4.	PROCESO 4: Calcular la evapotranspiración real	60
4.3.1.6.	BLOQUE 6: Calcular la precipitación efectiva mensual	60
4.3.1.6.1.	PROCESO 1: Conversión de la evapotranspiración real de la unidad (cm) a la unidad (mm).....	60
4.3.1.6.2.	PROCESO 2: Obtención de la precipitación mensual (mm) y la evapotranspiración real (mm), correspondiente al ciclo vegetativo del cultivo previo al cálculo de la precipitación efectiva mensual	61
4.3.1.7.	BLOQUE 7: Precipitación efectiva mensual corregida.....	64
4.3.1.7.1.	PROCESO 1: Cálculo de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo del terreno, en donde se realiza la siembra de “x” cultivo.....	64
4.3.1.7.2.	PROCESO 2: Calcular el factor de corrección (K)	65
4.3.1.7.3.	PROCESO 3: Calcular la precipitación efectiva mensual corregida.....	66
4.3.1.8.	BLOQUE 8: Requerimiento de riego mensual acumulado	66
4.3.1.8.1.	PROCESO 1: Calcular el requerimiento de riego mensual acumulado para el cultivo de trigo	66
Capítulo V.	PRUEBAS Y RESULTADOS	68
5.1.	Desarrollo de la aplicación “COMPU_JARV_AGRO”	70
5.1.1.	Activity principal.....	71
5.1.1.1.	1ra, Parte del código del archivo XML (Activity principal).....	73
5.1.1.1.1.	2da. Parte del código del archivo XML (Activity principal).....	74



5.1.2.	Activity del menú de decisión de una estación climatológica	75
5.1.2.1.	Código representativo a la Activity 2.....	76
5.1.2.2.	Activity de los datos geográficos (1ra. Parte, 3).....	77
5.1.2.2.1.	1ra. Parte del código del archivo XML de la activity 3.....	78
5.1.2.2.1.1.	2da. Parte del código del archivo XML de la activity 3	79
5.1.2.3.	Activity de los datos geográficos (2da. Parte, 4)	80
5.1.2.3.1.	Código del archivo XML de la activity 3 y 4	81
5.1.2.4.	Activity de los datos climáticos	82
5.1.2.4.1.	Código representativo a la activity 5	83
5.1.3.	Activity del menú de decisión del terreno.....	84
5.1.3.1.	Código representativo a la activity 6	85
5.1.3.2.	Activity del menú de las profundidades del suelo	86
5.1.3.2.1.	Código representativo a la activity 7	87
5.1.3.3.	Activity de los datos representativos del terreno.....	88
5.1.3.3.1.	1ra. Parte del código del archivo XML de la activity 8.....	89
5.1.3.3.2.	2da. Parte del código del archivo XML de la activity 8.....	90
5.1.3.3.2.1.	3ra. Parte del código del archivo XML de la activity 8	91
5.1.3.4.	Activity representativa al suelo del terreno	92
5.1.3.4.1.	Código representativo a la activity 9	93
5.1.3.5.	Desglose de las texturas del suelo de la activity del suelo.....	94
5.1.4.	Activity de un menú de decisión	96
5.1.4.1.	Código representativo a la activity 11	97
5.1.5.	Activity del cultivo (1ra. Parte del widget Spinner deslizante, 12).....	98
5.1.6.	Activity del cultivo (2da. Parte del widget Spinner deslizante, 13).....	99
5.1.6.1.	Código representativo a la activity 12 y 13	100
5.1.7.	Activity del cultivo (Widgets Calendar, 14).....	101

5.1.7.1.	Código representativo a la activity 14	102
5.1.8.	Activity del cultivo (Concentrado de información, 15).....	103
5.1.8.1.	1ra. Parte del código del archivo XML de la activity 15.....	104
5.1.8.1.1.	2da. Parte del código del archivo XML de la activity 15.....	105
5.1.8.1.2.	3ra. Parte del código del archivo XML de la activity 15.....	106
5.1.8.1.3.	4ta. Parte del código del archivo XML de la activity 15.....	107
5.1.9.	Activity del cultivo (Ventana emergente, 16).....	108
5.1.9.1.	Código representativo a la activity 16	109
5.1.10.	Activity del cultivo (Concentrado de información, 17).....	110
5.1.10.1.	1ra. Parte del código del archivo XML de la activity 17.....	111
5.1.10.1.1.	2da. Parte del código del archivo XML de la activity 17	112
5.1.10.1.2.	3ra. Parte del código del archivo XML de la activity 17	113
5.1.11.	1ra. Parte del reporte generado (archivo con formato pdf) en la aplicación móvil “COMPU_JARV_AGRO” desarrollada.....	114
5.1.11.1.	2da. Parte del reporte generado (archivo con formato pdf) en la aplicación móvil “COMPU_JARV_AGRO” desarrollada	116
5.1.11.2.	Código representativo a la visualización del archivo en formato pdf, generado en la aplicación móvil “COMPU_JARV_AGRO” desarrollada.....	117
Capítulo VI. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO		118
6.1.	Conclusiones	119
6.2.	Recomendaciones	120
6.3.	Trabajo futuro	120
REFERENCIAS		121

LISTADO DE FIGURAS

CAPÍTULO III. SISTEMA OPERATIVO ANDROID

Figura 3.1. Funcionamiento de la máquina virtual Dalvik.	17
Figura 3.2. Ciclo de vida de una actividad en una aplicación Android.	22
Figura 3.3. Arquitectura del sistema operativo Android.	24
Figura 3.4. Ventana principal de SQLite Manager.	27
Figura 3.5. Área de la instrucción SQL y visualización de la información.	28
Figura 3.6. Estructura de un proyecto en Android Studio.	30
Figura 3.7. Interfaz de usuario de la ventana principal de Android Studio.	31

CAPÍTULO IV. SEGMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DEL MÉTODO UNIFICADO DE OPTIMIZACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO DE RIEGO MENSUAL ACUMULADO (MOCRRMA)

Figura 4.1. Método unificado (MOCRRMA) requerido en la estimación del requerimiento de riego mensual acumulado.	35
Figura 4.2. 1er. Segmentación (ETAPA 0) del método unificado (MOCRRMA).	38
Figura 4.3. 2da. Segmentación (ETAPA 1) del método unificado (MOCRRMA).	38
Figura 4.4. 3ra. Segmentación (ETAPA 2) del método unificado (MOCRRMA).	39
Figura 4.5. 4ta. Segmentación del método unificado (MOCRRMA).	40

CAPÍTULO V. PRUEBAS Y RESULTADOS

Figura 5.1. Ambiente de desarrollo para aplicaciones Android.	70
Figura 5.2. Activity principal.	71
Figura 5.3. Activity del menú de la estación climatológica.	75
Figura 5.4. 1ra. parte de la Activity de los datos geográficos.	77
Figura 5.5. 2da. parte de la Activity de los datos geográficos.	80
Figura 5.6. Activity de los datos climáticos.	82
Figura 5.7. Activity del menú del terreno.	84
Figura 5.8. Activity del terreno.	86

Figura 5.9. Activity profundidades del suelo.....	88
Figura 5.10. Activity del suelo.	92
Figura 5.11. Texturas del suelo disponibles.	94
Figura 5.12. Triangulo de las clases texturales del suelo.	95
Figura 5.13. Activity menú de decisión.....	96
Figura 5.14. Activity Cultivo (1ra. Parte del Spinner deslizante).	98
Figura 5.15. Activity Cultivo (2da. Parte del Spinner deslizante).	99
Figura 5.16. Activity Cultivo (Widgets Calendar).	101
Figura 5.17. Activity Cultivo (1ra. parte del caso requerido).	103
Figura 5.18. Activity Cultivo (2da. Parte del caso requerido).	108
Figura 5.19. Activity Cultivo (Información detallada).....	110

LISTADO DE TABLAS

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Tabla 2.1. Coeficientes periódicos disponibles para algunos cultivos anuales.	11
Tabla 2.2. Coeficiente periódico mensual para algunos cultivos reportados.	12
Tabla 2.3. Cálculo de la precipitación efectiva mensual.	15

CAPÍTULO IV. SEGMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DEL MÉTODO UNIFICADO DE OPTIMIZACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO DE RIEGO MENSUAL ACUMULADO (MOCRMA)

Tabla 4.1. Simbología del diagrama de flujo utilizado para el método unificado (MOCRMA).	36
Tabla 4.2. Información de la estación climatológica ubicada en un terreno.....	41
Tabla 4.3. Datos climáticos, correspondientes a una estación climatológica.....	42
Tabla 4.4. Porcentajes mensuales de horas luz.....	43
Tabla 4.5. Información del cultivo trigo.....	43
Tabla 4.6. Coeficiente global para algunos cultivos reportados por Posadas (1969).....	44
Tabla 4.7. Datos climáticos obtenidos de una estación climatológica, correspondientes al ciclo vegetativo del cultivo trigo.....	45
Tabla 4.8. Datos del suelo en donde se realiza la siembra del cultivo de trigo.....	47
Tabla 4.9. Duración relativa mensual correspondiente al ciclo vegetativo del cultivo de trigo.	49
Tabla 4.10. Porcentajes mensuales de horas luz, de acuerdo con la Latitud Norte (19° 16').	49
Tabla 4.11. Factor climático mensual, correspondiente al lugar de siembra del cultivo....	50
Tabla 4.12. Porcentajes acumulados o porcentajes (%) de desarrollo, referente al ciclo vegetativo en días después de la siembra del cultivo trigo.....	51
Tabla 4.13. Porcentajes (%) acumulados resultantes ordenados, para la obtención del promedio del coeficiente periódico mensual del cultivo de trigo.....	54
Tabla 4.14. Coeficientes periódicos reportados para el cultivo trigo.....	55
Tabla 4.15. Cálculo de los coeficientes periódicos mensuales del cultivo trigo.....	56

Tabla 4.16. Evapotranspiración no ajustada, correspondiente al lugar de siembra del cultivo.	57
Tabla 4.17. Coeficiente global del cultivo calculado, correspondiente al ciclo vegetativo del cultivo de trigo.....	58
Tabla 4.18. Evapotranspiración real en relación con el ciclo vegetativo del cultivo trigo. .	60
Tabla 4.19. Evapotranspiración real (mm).	61
Tabla 4.20. Información previa al cálculo de la precipitación efectiva mensual.	61
Tabla 4.21. Resultados generados de la precipitación efectiva mensual (mm).	63
Tabla 4.22. Cálculo de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo.....	64
Tabla 4.23. Información disponible para obtener el factor de corrección.....	65
Tabla 4.24. Precipitación efectiva mensual corregida en relación con el suelo del terreno.	66
Tabla 4.25. Requerimiento de riego mensual acumulado para el cultivo de trigo.....	67

CAPÍTULO V. PRUEBAS Y RESULTADOS

Tabla 5.1. Clases texturales de suelos, según USDA. (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos).	94
--	----

LISTADO DE ACRÓNIMOS

AJTBC:	Ajuste de temperatura realizada por los investigadores Blaney y Criddle.
Android:	Sistema operativo de Google.
Apk:	Archivo ejecutable de aplicaciones para Android.
App:	Término informático para este caso aplicación (Programa).
CC:	Capacidad de campo.
DA:	Densidad aparente.
DD:	Duración en días.
DRM:	Duración relativa mensual.
IDE:	Entorno integrado de desarrollo.
ET:	Evapotranspiración.
FAO:	Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.
FC:	Factor climático mensual.
J:	Factor de ajuste (J).
HTML:	sus siglas significan (Lenguaje de marcas de hipertexto).
K:	Factor de corrección (K).
Kc:	Coefficiente periódico mensual.
KG:	Coefficiente global.
KG':	Coefficiente global calculado.
KT:	Ajuste de temperatura realizada por el investigador Phelan.
MOCRRMA:	Método de optimización para el mejoramiento del cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado.
PDF:	Formato del documento portátil.
Pe:	Precipitación efectiva.
PEcorr:	Precipitación efectiva mensual corregida.
PMHL:	Porcentaje mensual de horas luz.
PMP:	Punto de marchitez permanente.
R.R.:	Requerimiento de riego.
SDK:	Kit de desarrollo de software.
SQL:	sus siglas significan (Lenguaje de consulta estructurada).
USDA:	Departamento de agricultura de los estados unidos.
XML:	Lenguaje extensible de marcación.

Capítulo I. INTRODUCCIÓN

“La vida está íntimamente asociada al agua, muy especialmente en su estado líquido, cuya importancia para los seres vivos es consecuencia de sus propiedades físicas y químicas exclusivas”. El agua es una parte importante de la fotosíntesis y se considera como un nutriente para la planta. [1]. “La fotosíntesis es el proceso por el cual las plantas con clorofila, producen oxígeno y glucosa; a partir del agua, sales minerales y dióxido de carbono; mediante la acción de la energía solar”. [2]. La importancia del agua, en la producción de cultivos (plantas) a mayor escala (Hectáreas), origina la propuesta del “método unificado de optimización para el mejoramiento en el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado” (MOCRRMA), implementado en una aplicación móvil basado en Android, logrando así el uso racional del agua en distintas partes de la República Mexicana.

Normalmente el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado no es ágil, porque se realiza de manera manual. Afortunadamente en la actualidad se agiliza y se automatizan procesos gracias a la existencia de la tecnología de la información. ésta es influyente en la vida cotidiana del ser humano. Por lo tanto, también se menciona de manera breve el avance tecnológico como lo son los Smartphones con sistema operativo Android. En especial el uso de la tecnología en un problema real y existente, como tal, es el caso del cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado. En realidad, en la tesis se describe la propuesta del “método unificado de optimización para el mejoramiento en el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado” para el cultivo de trigo. Sin embargo, en la implementación de la aplicación móvil basado en Android, es posible seleccionar directa e indirectamente cualquiera de los cultivos mencionados en las limitaciones de la tesis.

Una de las prioridades de la agricultura en México es el consumo eficiente de agua para irrigar cultivos. “El objetivo del riego es el de abastecer a los cultivos con el agua necesaria para lograr su rendimiento óptimo”. [3], Por esta razón, el proceso de cálculo actual del requerimiento de riego mensual acumulado (Evapotranspiración real y la precipitación efectiva mensual corregida) existente es importante para determinar la cantidad de agua que se requiere para aplicarla al suelo, logrando así el uso racional de la misma en diferentes partes de la República Mexicana. El cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado se realiza a través de los dos métodos existentes, el Método de “Blaney y Criddle” modificado por Phelan y el Método de “Doorenbos y Pruitt”, los cuales se realizan de manera manual dedicando tiempo en obtener información necesaria para estimar la cantidad de agua requerida para aplicarla en el suelo del terreno y ser aprovechada por los cultivos. Afortunadamente hoy en día el avance tecnológico permite automatizar ciertos procesos independientemente de los contextos actuales, entre el cual se encuentra un área importante como lo es la agricultura.

La tecnología de la Información tiene constantes innovaciones y son grandes los avances que cientos de investigadores realizan y mejoran para beneficio de la humanidad, utilizando desarrollos, “aplicaciones de cómputo”. [4]., y aplicaciones móviles. El uso de ésta última permite mejorar de manera significativa procesos en el sector agrícola.

Es por ello que el propósito de este trabajo de investigación es llevar a cabo la explicación del proceso de cálculo necesario que se debe seguir, a través de la propuesta del “método unificado de optimización para el mejoramiento en el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado” (MOCRRMA), el cual es la combinación del método de “Blaney y Criddle” modificado por Phelan y el método de “Doorenbos y Pruitt”, además de su implementación en la aplicación móvil “COMPU_JARV_AGRO”, buscando obtener resultados favorables en relación con la estimación de la evapotranspiración real y la estimación de la precipitación efectiva mensual corregida, permitiendo así que el agricultor optimice, el consumo de agua aplicada a los cultivos.

1.1. Problemática

Realizar el cálculo del requerimiento de riego (R.R.) mensual acumulado de un determinado cultivo, en la producción vegetal a cielo abierto suele ser costoso (tiempo), además, el procesamiento de los datos obtenidos es laborioso y difícilmente alguna persona designada tiene control de ellos, es necesario modificarlos manualmente durante el transcurso del cálculo mencionado, debido a que es encadenado y afecta directamente el resultado del (R.R.) mensual acumulado de un determinado cultivo.

1.2. Justificación y Propuesta

De acuerdo con la problemática existente, se propone realizar una unificación de metodologías, teniendo como prioridad agilizar el cálculo en la estimación de la evapotranspiración real y la precipitación efectiva mensual corregida previo al requerimiento de riego mensual acumulado de un determinado cultivo. Ahorrando al agricultor o profesionalista afín el tiempo dedicado a las mediciones necesarias y el precio de los instrumentos que se requieran en su momento.

Las computadoras son necesarias en la actualidad para realizar cálculos y generar resultados en relación con datos de entrada. [5]. Sin embargo, se utilizan Smartphones con un Sistema operativo en específico, para automatizar procesos, debido a la evolución de las computadoras a dispositivos con menor tamaño. [6]. Otra de las prioridades de la propuesta del “Método unificado de optimización para el mejoramiento del cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado” (MOCRRMA), implementado en una aplicación móvil basado en Android es su ejecución en una aplicación Android, específicamente para Smartphones. El motivo de realizar una aplicación Android, es debido a que el sistema operativo Android es el más utilizado del mundo en los Smartphones, y cuenta con muchos desarrolladores que pueden distribuir por medio de Google Play o Play Store, cualquier tipo de aplicación. [7]. Sin embargo, los desarrolladores o programadores apasionados por generar código realizan aplicaciones Android, con la finalidad de distribuir dicha aplicación para que las personas interesadas en su uso tengan la libertad de instalar e interactuar con dicha aplicación en su propio Smartphone desde la comodidad de su casa.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar e implementar el método unificado (MOCRRMA) el cual permita agilizar el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado de un determinado cultivo a través de su implementación en una aplicación Android, obteniendo resultados que ayuden en la toma de decisiones para el agricultor o profesionalista afín en la administración del agua existente en el suelo de manera adecuada.

1.3.2. Objetivos específicos

- Investigar sobre la existencia de información dispersa y abundante de interés en el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado.
- Analizar y depurar la información sistematizada por [3;10], para aplicar métodos y ecuaciones resultantes en el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado.
- Utilizar SQLite como gestor de base de datos en la aplicación Android para ejecutarse en Smartphones con sistema operativo afín porque es necesario para automatizar el flujo de datos en la aplicación mencionada.
- Verificar que el método unificado (MOCRRMA) muestre resultados finales similares a los resultados reportados por sus respectivos autores en relación con el ejemplo en el cálculo de la evapotranspiración real y en el ejemplo en el cálculo de la precipitación efectiva mensual corregida de acuerdo con los métodos empíricos seleccionados.
- Generar y mostrar un reporte (archivo con formato pdf) correspondiente al cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado de un determinado cultivo, en la interacción del usuario con la aplicación Android implementada.

1.4. Alcances y limitaciones

En esta investigación se realizará la ejecución en el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado y el uso de la tecnología (Smartphones con sistema operativo Android, entre otras cosas relacionadas con la tesis sin involucrarnos en el fundamento o criterio de obtención de los datos requeridos en el cálculo antes mencionado).

1.4.1. Alcances

- La optimización en el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado se realiza en relación con la información proporcionada por el Ing. César Herrera Fuentes, porque la sistematización de la información es una fuente confiable, se refiere a la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud.
- La implementación del método unificado (MOCRRMA) que agiliza el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado, mediante su ejecución en un Smartphone con sistema operativo Android; Se realiza basándose en el Método de Blaney y Criddle modificado por Phelan y el Método de Doorenbos y Pruitt.
- La aplicación Android implementada está dirigida para Smartphones con sistema operativo Android. Para lo cual, se requieren conocimientos básicos en la programación para Smartphones con sistema operativo Android. Es necesario almacenar datos en una base de datos SQLite, para ser requerida en cualquier momento por el usuario, evitando introducir datos cada vez que se reinicie la aplicación.

1.4.2. Limitaciones

- En la estimación del requerimiento de riego mensual acumulado, solo se involucran los siguientes cultivos (Ajonjolí, Alfalfa, Arroz, Cacahuete, Caña de azúcar, Cártamo, Cereales de granos pequeños [cebada y trigo], Cítricos, Chile, Frijol, Frutales de hueso y pepita [hoja caduca], Garbanzo, Jitomate, Maíz, Papa, Pasto de gramíneas, Pasto de trébol ladino, Sorgo y Soya). Siendo limitado, para aquellos cultivos que no se mencionaron con anterioridad.
- La edafología (ciencia del suelo), la obtención de la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente se mencionan para esta tesis en atmosfera de presión porque sus estimaciones varían en relación con diferentes autores, las acepciones de términos, la manera y el fundamento o criterio de la obtención de los datos requeridos (mencionados en el Capítulo IV) en el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado de “x” cultivo, se encuentran fuera de los objetivos de la tesis.
- Las normalizaciones a la base de datos SQLite, el diseño en la visualización, las plantillas disponibles en Android Studio y la programación avanzada que pueda existir para disponer de menús deslizables, animaciones, entre otras cosas, en la aplicación Android implementada se deja para un trabajo futuro.

Capítulo II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se menciona todo lo relacionado con el trabajo de tesis, así como información fundamental en relación con el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado para “x” cultivo.

2.1. Evapotranspiración

La evapotranspiración se compone por la evaporación y la transpiración.

- La transpiración es un fenómeno biológico que llevan a cabo las plantas y éstas eliminan vapor de agua a la atmosfera. [11].
- En evapotranspiración evaporación implica pérdida de agua en el suelo. La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua y se retira de la superficie evaporante. La radiación solar es la fuente de energía para realizar el cambio de estado, de líquido a gaseoso (vapor), el viento se encarga de sustituir el aire húmedo por aire seco. [12].

“La evapotranspiración es el proceso combinado de evaporación desde superficies líquidas y de transpiración o vaporización del agua líquida de los tejidos de las plantas”. [13]. Otro concepto o definición importante de la evapotranspiración es que “se conoce como evapotranspiración la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y, por otra parte, mediante transpiración del cultivo (FAO, 2006)”. [14]. En realidad, la estimación de la “evapotranspiración” representa la cantidad de agua que sale de la zona de cultivo en el tiempo. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo, esto es, representa la cantidad de agua contenida en un área de 10000 m² (una hectárea) con un milímetro de altura. Esto equivale a 10 m³ de agua o 10000 litros de agua. [12].

1 m³ = 1000 litros de agua a una temperatura de 20 °C.

2.1.1. Tipos de evapotranspiración

Existe la evapotranspiración real y la evapotranspiración potencial: La evapotranspiración real se refiere a la cantidad de agua que se puede evapotranspirar de acuerdo con el agua disponible; mientras tanto la evapotranspiración potencial “supone ilimitadas las disponibilidades de agua”. [13]. Destacando que cuando se utilizan pastos de porte pequeño y alfalfa como cultivos de referencia para un lugar en específico, se estima la evapotranspiración de referencia. [3]. “La evapotranspiración de referencia se refiere a la que tiene una superficie en óptimas condiciones de crecimiento y bajo un adecuado suministro de agua”. [13], la evapotranspiración de referencia es similar a la evapotranspiración potencial. [13;15].

Definitivamente se estima la evapotranspiración real, para tener una idea de cuánta es la cantidad de agua que se pierde en el suelo y en la planta (cultivo). Del mismo modo, es importante la estimación antes mencionada porque la prioridad es el uso racional del agua en la República Mexicana, existiendo la variabilidad de la cantidad de agua que pueda existir en el suelo de un terreno en donde se realice la siembra de algún cultivo.

2.2. Estimación de la evapotranspiración real

“Desde el punto de vista práctico”; la evapotranspiración supone una pérdida de agua, y de ahí el interés de la mayoría de los investigadores en valorar conjuntamente ambos fenómenos, proponiendo varios métodos para estimar la evapotranspiración potencial o la evapotranspiración de referencia (ET_o y/o ET real). [3], con métodos basados en el uso de ecuaciones físico-empíricas y se estiman con datos climáticos y del cultivo. [3; 16]. Los métodos empíricos se basan en sólidos principios físicos, tales como el de transferencia de vapor, balance de energía, y en la medida directa de la evaporación de una superficie libre de agua, a través de la aplicación de ecuaciones que usan datos climáticos. [3].

Los métodos empíricos normalmente se aplican en condiciones climáticas, agronómicas y las estaciones meteorológicas de acuerdo con la región bajo estudio muy diferente al lugar dada las condiciones donde crecen y se desarrollan los cultivos, la verificación de estos métodos para cada lugar puede ser tardada y costosa, sin embargo, es necesario visualizar este tipo de estudios a largo plazo (Posadas, 1969; Tijerina, 1992). [3]. Es importante mencionar que éstos métodos varían en su precisión en relación del enfoque de aproximación, así como del tipo y número de variables involucradas. [16].

Ahora bien, en nuestro país los métodos basados en la temperatura son los más utilizados, debido a que la mayoría de las estaciones meteorológicas ponen a disposición principalmente datos de temperatura, entre otros. [3]; Los métodos basados en datos climáticos, utilizan datos históricos meteorológicos y de cultivos, la exactitud de las estimaciones depende fundamentalmente de las ecuaciones que estén siendo utilizadas para describir las leyes físicas que gobiernan los procesos, así como la confiabilidad de los datos meteorológicos y del cultivo. [3]. En relación con la información anterior el método de Blaney y Criddle es utilizado en toda América y se obtienen buenos resultados en zonas áridas (Chávez, 1973). [3]. Por tal motivo es el método más usado en los distritos de riego en México, debido a que son necesarios el uso de datos meteorológicos frecuentes. (Palacios, 1977; Tijerina, 1992). [3].

2.2.1. Coeficientes periódicos del cultivo

Los coeficientes periódicos (K_c) del cultivo, son diferentes en relación con algún tipo de cultivo (anual o perenne). Sin embargo, gracias al análisis real y a las reevaluaciones que agrónomos o profesionistas afines realizaron en su momento a diferentes cultivos, están disponibles coeficientes periódicos para algunos cultivos, y es posible estimar la evapotranspiración real; Los coeficientes periódicos (K_c) del cultivo, se calculan en relación con un mes en específico, de acuerdo con su porcentaje (%) de desarrollo y / o con algún cultivo en particular.

Los coeficientes periódicos (K_c) del cultivo asignados, en relación con el porcentaje (%) de desarrollo y con algún cultivo anual reportado por sus autores en la **Tabla 2.1**, son los siguientes:

Tabla 2.1. Coeficientes periódicos disponibles para algunos cultivos anuales.

% de desarrollo	CULTIVOS ANUALES													
	Ajonjolí	Arroz	Cacahuate	Cártamo	Cebada	Chile	Frijol	Garbanzo	Jitomate	Maiz	Papa	Sorgo	Soya	Trigo
0	0.30	0.45	0.15	0.14	0.15	0.48	0.50	0.30	0.43	0.42	0.30	0.30	0.51	0.15
5	0.35	0.50	0.17	0.16	0.20	0.50	0.54	0.35	0.43	0.45	0.35	0.35	0.45	0.20
10	0.40	0.55	0.20	0.18	0.30	0.55	0.60	0.40	0.43	0.48	0.40	0.40	0.41	0.30
15	0.50	0.65	0.25	0.22	0.40	0.65	0.65	0.50	0.45	0.51	0.45	0.48	0.45	0.40
20	0.60	0.72	0.29	0.27	0.55	0.75	0.73	0.55	0.45	0.60	0.50	0.60	0.51	0.55
25	0.70	0.80	0.36	0.35	0.70	0.80	0.80	0.65	0.50	0.65	0.60	0.70	0.51	0.70
30	0.80	0.85	0.43	0.44	0.90	0.90	0.90	0.70	0.55	0.70	0.70	0.80	0.51	0.90
35	0.67	0.90	0.52	0.54	1.10	0.95	0.97	0.75	0.65	0.80	0.82	0.90	0.52	1.10
40	0.95	0.92	0.61	0.64	1.25	0.93	1.05	0.78	0.75	0.90	0.97	1.00	0.55	1.25
45	1.00	0.93	0.61	0.76	1.40	1.03	1.10	1.80	0.85	1.00	1.05	1.08	0.57	1.40
50	1.10	0.93	0.80	0.88	1.50	1.05	1.12	0.82	0.95	1.05	1.16	1.07	0.60	1.50
55	1.20	0.93	0.90	0.97	1.57	1.05	1.12	0.85	1.00	1.07	1.25	1.05	0.63	1.57
60	1.28	0.92	1.00	1.07	1.62	1.05	1.10	0.85	1.03	1.08	1.30	1.00	0.66	1.62
65	1.30	0.90	1.01	1.07	1.61	1.03	1.05	0.82	1.02	1.07	1.35	0.95	0.68	1.61
70	1.32	0.85	1.02	1.08	1.55	1.00	1.02	0.80	0.98	1.05	1.38	0.90	0.70	1.55
75	1.29	0.80	0.91	1.02	1.45	0.97	0.95	0.75	0.95	1.02	1.38	0.82	0.70	1.45
80	1.25	0.68	0.80	0.96	1.30	0.90	0.87	0.70	0.90	1.00	1.35	0.75	0.69	1.30
85	1.10	0.63	0.60	0.86	1.10	0.85	0.80	0.65	0.85	0.95	1.33	0.70	0.63	1.10
90	1.00	0.58	0.41	0.76	0.95	0.80	0.72	0.60	0.80	0.90	1.30	0.65	0.56	0.95
95	0.90	0.55	0.25	0.60	0.80	0.70	0.70	0.50	0.75	0.87	1.25	0.60	0.43	0.80
100	0.80	0.47	0.11	0.45	0.62	0.60	0.62	0.40	0.70	0.85	1.20	0.55	0.31	0.62

Fuente: Palacios (1977) y Ortiz et al. (1982). [3].

Los coeficientes periódicos (Kc) de algunos cultivos con un mes en particular, disponibles por sus autores en la **Tabla 2.2**, son los siguientes:

Tabla 2.2. Coeficiente periódico mensual para algunos cultivos reportados.

MES	Alfalfa	Caña	Cítricos	Frutales de hoja caduca	Pasto
ENERO	0.65	0.30	0.65	0.20	0.48
FEBRERO	0.75	0.35	0.70	0.25	0.60
MARZO	0.85	0.50	0.69	0.35	0.75
ABRIL	1.00	0.60	0.70	0.65	0.85
MAYO	1.10	0.77	0.71	0.85	0.87
JUNIO	1.13	0.90	0.72	0.95	0.90
JULIO	1.12	0.98	0.72	0.98	0.90
AGOSTO	1.08	1.02	0.71	0.85	0.87
SEPTIEMBRE	1.00	1.02	0.70	0.50	0.85
OCTUBRE	0.90	0.98	0.68	0.30	0.80
NOVIEMBRE	0.80	0.90	0.67	0.20	0.65
DICIEMBRE	0.65	0.78	0.65	0.20	0.60

Fuente: Palacios (1977) y Ortiz et al. (1982). [3].

2.3. Precipitación efectiva, Lluvia efectiva o Lluvia aprovechable

Para fines de la programación del riego, la precipitación efectiva (P_e) “es aquella parte de la lluvia total (P_t), que está disponible en el suelo durante el período de crecimiento de ciertos cultivos y es utilizada para satisfacer sus necesidades hídricas (Coras, 1994)”. [10].

Son varios los factores que influyen en la cantidad de la precipitación efectiva en relación con el total del agua recibida, “éstos pueden actuar aislada o colectivamente e influir recíprocamente”. Todo factor que afecte la infiltración, el escurrimiento o la evapotranspiración repercuten en el valor de la precipitación efectiva. Los factores más importantes son: [10].

- **Cantidad e Intensidad de la Lluvia (Características de la Lluvia).** - El suelo tiene una capacidad definida y limitada de retener humedad. Por ello, a mayor cantidad y mayor intensidad de la lluvia reduce normalmente la cantidad efectiva, aumenta el escurrimiento y disminuye la infiltración. De modo análogo, una distribución desigual disminuye el grado de lluvia efectiva, mientras que una distribución uniforme, la aumenta. Una lluvia bien distribuida, mediante precipitaciones ligeras sirve mejor al desarrollo de un cultivo que una lluvia de intensidad “torrencial”. [10].
- **Topografía (Características del terreno).** - El intervalo entre la recepción del agua de lluvia y su evacuación por infiltración se conoce con el nombre de tiempo de oportunidad. El agua permanece más tiempo en terrenos llanos nivelados y por eso el referido período es mayor que en un terreno con pendiente donde hay un rápido escurrimiento (Linsley *et al.*, 1967). [10]. El terreno inclinado, quebrado y ondulado, influye en el período de oportunidad del agua para la infiltración uniforme y por consiguiente, en la fracción de la precipitación efectiva. El uso que se dé a la tierra en las zonas agrícolas circundantes, como construcción de carreteras, edificios, campos de juego, influye también en la cuantía de la lluvia efectiva. [10].

- **Capacidad de retención y transmisión de agua del suelo (características del suelo).** – “La toma y movimiento del agua en el suelo se expresan en términos de la tasa de infiltración y permeabilidad para la adsorción máxima de la lluvia y la reducción del escurrimiento superficial, los índices de estas propiedades deben ser lo más elevados posibles”. La permeabilidad depende de la textura, estructura y la densidad aparente del suelo. La precipitación efectiva o lluvia efectiva aumenta en base a la capacidad de retención de agua del suelo [Capacidad de campo (CC), Punto de marchitez permanente (PMP), Densidad aparente y en la profundidad], obteniendo de esta manera la cantidad de agua disponible para los cultivos y difiere en los distintos suelos; En realidad, cuanto más fina sea la textura, mayor será la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y cuanto mayor sea la profundidad del suelo, más elevada será la proporción que corresponde en el total de la lluvia efectiva. [10].
- **Características morfológicas externas del cultivo (cobertura vegetal).** - El tipo de cobertura vegetal y la topología de la planta obstaculizan el escurrimiento. En el caso que el suelo esté cubierto de vegetación habrá mayor infiltración de agua de lluvia, debido a que aumenta el tiempo de contacto suelo-agua, sin embargo, cuando el terreno no está cubierto de vegetación aumenta el escurrimiento, por lo tanto, habrá menor infiltración de agua de lluvia, por la disminución del tiempo de contacto agua-suelo (Tijerina, 1992). [10].

2.3.1. Estimación de la precipitación efectiva mensual

El método que más elementos contempla en la estimación de la precipitación efectiva mensual, es el **Método de Doorenbos y Pruitt (1975)**. [10].- Éste método es adaptado y aplicado por el departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), para calcular la precipitación efectiva mensual. La cuál posteriormente es corregida en relación con la capacidad de almacenamiento de agua del suelo.

Tabla 2.3. Cálculo de la precipitación efectiva mensual.

Precipitación mensual (mm)	10	12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100	112.5	125	137.5	150	162.5	175	200
Evapotranspiración real mensual (mm)	Precipitación efectiva mensual (mm)															
25	5	8	16	24												
50	6	8	17	25	32	39	46									
75	7	9	18	27	34	41	48	56	62	69						
100	7	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100		
125	8	10	20	30	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	
150	8	10	21	31	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	133
175	8	11	23	32	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	141
200	9	11	24	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	150
225	9	12	25	35	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	159
250	10	12	25	27	50	61	72	84	102	102	112	121	132	140	150	167

Fuente: Doorenbos y Pruitt (1975) F.A.O. Roma, adaptado por USDA, Soil Con. Ser.

Capítulo III. SISTEMA OPERATIVO ANDROID

En el presente capítulo se menciona todo lo relacionado con lo básico del sistema operativo Android y lo esencial de la programación para Smartphones (Entorno de desarrollo y aplicación Android, entre otras cosas).

3.1. Características del sistema operativo Android

“Android es un sistema operativo con una plataforma abierta para dispositivos móviles adquirido por Google y la Open Handset Alliance, su finalidad es satisfacer la necesidad de los operadores móviles y fabricantes de dispositivos, además de fomentar el desarrollo de aplicaciones, cualidad que ningún otro sistema operativo incluye en sus conceptos (Google, 2010)”. [6]. Android no es un lenguaje de programación, es un sistema operativo de google presentado en el año 2007 y creado principalmente para dispositivos móviles en el cual se ejecutan aplicaciones, permitiendo interacción con pantallas touch. [8;9]. El sistema operativo Android está basado en Linux (versión 2.6 del Kernel), es libre, es gratis y multiplataforma. Algo a destacar es que se incluye la máquina virtual “Dalvik” optimizada para ejecutar código Java en dispositivos móviles o Smartphones. Otro punto importante es que para programar e instalar una aplicación en Smartphones con sistema operativo Android no se paga. [8].

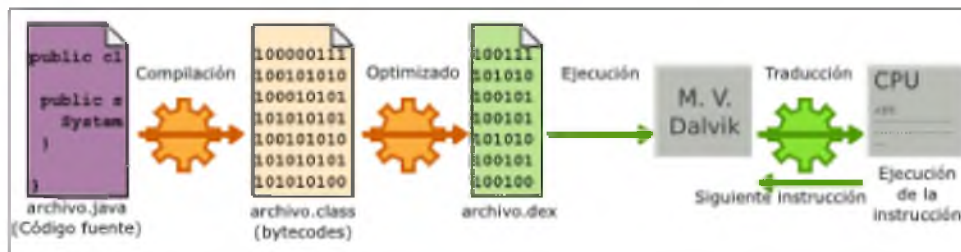


Figura 3.1. Funcionamiento de la máquina virtual Dalvik.

La máquina virtual “Dalvik” (Figura 3.1) [17], es optimizada para que varias instancias de esta máquina funcionen adecuadamente al mismo tiempo, tengan bajo rendimiento de memoria y recursos de hardware en el dispositivo, es un intérprete que sí y solo si ejecuta archivos.dex transformados de las clases compiladas archivo.class por el compilador del lenguaje java gracias a la herramienta “dx” incluida en el SDK de Android. En términos generales “Dalvik” está basada en registros y difiere con la máquina virtual de java porque está basada en el uso de pilas, por tal motivo el código es compilado a un bytecode independiente de la máquina en la que se va a ejecutar, y la máquina virtual interpreta este bytecode al ejecutar el programa. En definitiva, una razón para utilizar la máquina virtual de java es la necesidad de optimizar los recursos de memoria, procesador y almacenamiento al máximo. [17].

3.2. Versiones de Android

Han pasado casi 10 años de la evolución del sistema operativo de Google Android. A continuación, se mencionan las siguientes generaciones con sus respectivas versiones. [18].

3.2.1. 1ra. Generación. Petit Four, Cupcake, Donut

La primera versión de Android inicio el 23 de septiembre del 2008. Incluía su propia tienda de aplicaciones (apps), la primitiva Google Market, también ofrecían sincronización con las principales apps de Google del momento y algunas redes sociales (Youtube, entre otras). Se lanzaron 3 actualizaciones, la 1.1 Petit Four, 1.5 Cupcake y 1.6 Donut, esta última fue en septiembre del año 2009. Con las actualizaciones mencionadas se pulió el sistema, y existió la posibilidad de añadir widgets, así como la rotación de pantalla.

3.2.2. 2da. Generación. Eclair, Froyo y Gingerbread

En octubre del año 2009 los smartphones empiezan a tener mayor aceptación para el público en general. Sin embargo, esta versión se va actualizando hasta diciembre del año 2011. Aparecieron las versiones de Android 2.2 Froyo y Android 2.3 Gingerbread. En esta versión se mejora el rendimiento general del sistema.

3.2.3. 3ra. Generación. Honeycomb

Android 3, Honeycomb solo duró un año, y estuvo enfocado a televisores y tablets. La idea fue optimizar sistemas que no son equivalentes a los Smartphones y aportar funcionalidades específicas a su formato. Sin embargo, pocas personas conocen la existencia de esta versión porque al actualizar el Android 2.3 se pasa directamente al Android 4. En el transcurso del tiempo, la idea fue que Android sea el mismo formato para todos no tan solo para que se visualizara en pantallas grandes.

3.2.4. 4ta. Generación. Jelly Bean y Kitkat

Android 4, Ice Cream Sandwich fue la primera renovación del sistema de Google en octubre del año 2011. En esta versión existió una revisión completa de la interfaz, es más moderna y es adaptada a pantallas con mayor resolución. Existieron 4 actualizaciones, “Android 4.1 Jelly Bean, Android 4.2 Jelly Bean (Gummy Bear), Android 4.3 Jelly Bean (Michel) y Android 4.4 KitKat”. Esta versión de Android es la más “longeva” porque existió hasta mediados del año 2014, y esta versión alcanzó un diseño estandarizado el cual existe en la actualidad; Google Market desapareció y ahora se llama Play Store.

3.2.5. 5ta Generación. Lollipop

Android 5 Lollipop, comenzó en noviembre del año 2014 y terminó en abril del año 2015 y existe un diseño más moderno en comparación con versiones anteriores. Uno de los puntos importantes es que la linterna se incluyó como una parte del sistema operativo porque en otras versiones había la necesidad de instalar una aplicación.

3.2.6. 6ta. Generación. Marshmallow

Android 6 Marshmallow, alcanza un nivel diferente de funcionamiento, adaptado a lo actual, se incluye el lector de huellas dactilares como es el caso de los lápices ópticos Bluetooth. Se mejora el sistema de copia de seguridad y restauración.

3.2.7. 7ma. Generación. Nougat

En el mes de agosto del año 2016, demasiados usuarios comenzaron a disfrutar de Android 7 en sus Smartphones. Una de las novedades es el diseño, haciendo posible separar las notificaciones agrupadas en la pantalla. Lo cual permite una mejor visualización para la selección de las aplicaciones (apps).

3.2.8. 8va. Generación. ¿Oreo?

Se espera la última versión Android 8, aun no hay fecha de lanzamiento oficial. Sin embargo, se sabe que está enfocada a optimizar el funcionamiento al máximo. Hay funciones para autocompletar texto y acelerar el proceso de escritura. En conclusión, la evolución que existe en casi diez años de Android, Google ha logrado su reinado en el mundo de los sistemas operativos.

3.3. Actividades

Una actividad denominada en inglés (Activity), “es un componente de la aplicación que contiene una pantalla”, en la cual los usuarios interactúan para ejercer una acción, entre ellas la interacción con una actividad, dentro de una aplicación. Cada actividad contiene una ventana en la cual se puede dibujar la interfaz de usuario. Generalmente una ventana abarca la pantalla completa, sin embargo, puede ser más pequeña y puede permanecer por encima de otras ventanas. [19].

Una aplicación contiene varias actividades relacionadas entre sí. Una actividad en una aplicación se especifica como actividad “principal”, la cual se presenta al usuario cuando se inicia la aplicación por primera vez. Las actividades se pueden enlazar entre sí para realizar ciertas acciones; Cuando se inicia una actividad nueva, se detiene la actividad anterior, pero el sistema conserva la actividad en una pila (“pila de actividades”). Esto quiere decir que se cumple con el mecanismo de pila “el último en entrar es el primero en salir”. En otras palabras, cuando el usuario finaliza la interacción con una actividad actual y selecciona el botón Atrás, automáticamente se elimina de la pila (se destruye) y se reanuda la actividad anterior dentro de una aplicación. [19].

3.3.1. Administración del ciclo de vida de una actividad

La administración del ciclo de vida de una actividad puede existir en 3 estados. [20].

3.3.1.1. Reanudada

El usuario visualiza cierta actividad. (en ocasiones al presente estado se le denomina “en ejecución”).

3.3.1.2. Pausada

Se refiere cuando una actividad es transparente o no visible para el usuario, porque otra actividad es visualizada por encima de ella. El presente estado beneficia al sistema porque automáticamente puede eliminar a la actividad cuando no exista suficiente memoria.

3.3.1.3. Detenida

Es cuando una actividad es opacada por otra actividad, y se encuentra en “segundo plano”. Sin embargo, el sistema la elimina o la conserva en memoria, para cuando se requiera mostrar en pantalla.

El sistema operativo Android puede pausar, parar o destruir nuestra aplicación en cualquier momento. Sin embargo, para tener una aplicación sólida debemos controlar los métodos del ciclo de vida de las actividades correspondientes a nuestra aplicación. [21].

3.3.2. Métodos existentes en el ciclo de vida de una Actividad

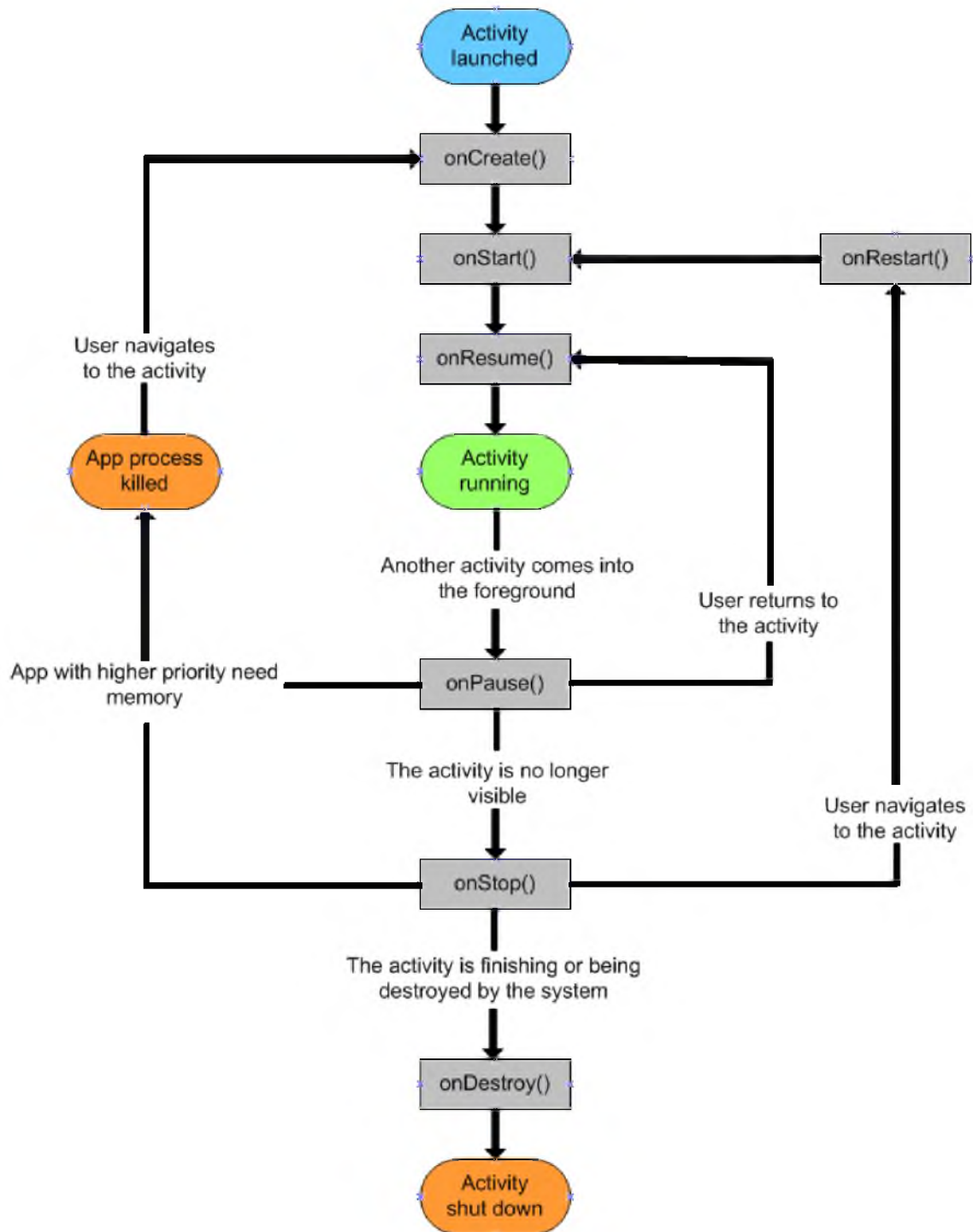


Figura 3.2. Ciclo de vida de una actividad en una aplicación Android.

3.3.2.1. onCreate

El presente método se invoca al crear una actividad y en él es posible agregar el código necesario para la presentación de información o el flujo de procesos aplicadas a una actividad, o a alguna otra actividad en el caso de mandar información de una actividad a otra.

3.3.2.2. onStart

Se invoca este método para mostrar al usuario cualquier información en la actividad, antes de que se muestre en pantalla.

3.3.2.3. onPause

Después de invocar a este método, la actividad es destruida.

3.3.2.4. onResume

Se invoca a este método, cuando el usuario empieza a interactuar con una actividad, después de estar en un estado de pausa.

3.3.2.5. onStop

Es cuando se invoca este método y una actividad, es transparente o no es visible para el usuario, porque alguna otra actividad es iniciada.

3.3.2.6. onRestart

Se llama a este método después de que una actividad se haya detenido, y antes de que se inicie otra vez.

3.3.2.7. onDestroy

Al invocar a este método la actividad se destruye y se libera del recurso del dispositivo.

3.3.2.8. onSaveInstanceState

Este método es proporcionado automáticamente por Android, para guardar los datos de una actividad al realizar cambios de rotación de pantalla.

3.4. Arquitectura del sistema operativo Android

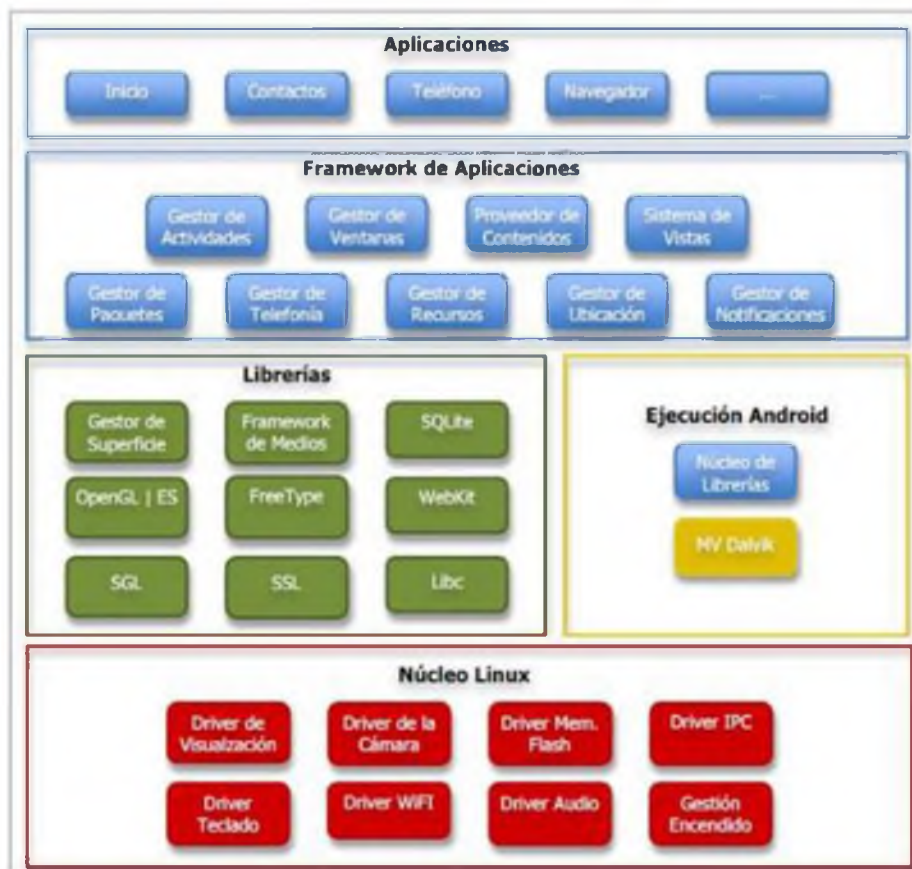


Figura 3.3. Arquitectura del sistema operativo Android.

A continuación, se describirán brevemente las capas de software de la Figura anterior. [17].

- **Aplicaciones:** en esta capa se incluyen todas las aplicaciones del dispositivo y son totalmente públicas para que el usuario pueda acceder libremente. [17].

- **Framework de Aplicaciones:** en esta capa se puede reemplazar por el usuario los componentes deseados, la mayor parte los componentes son librerías javas que acceden a los recursos de las capas anteriores por medio de la máquina virtual “Dalvik”, por lo tanto, cualquier aplicación puede publicar y hacer uso de sus capacidades por otra aplicación. Por lo tanto, esta capa es la utilizada por las aplicaciones para el trabajo y permite manejar las actividades. [8;17].
- **Librerías:** en esta capa se incluye un conjunto de bibliotecas o librerías escritas en C/C++ que están disponibles a los desarrolladores a través de la capa anterior y utilizan varios componentes del sistema como es el caso de librerías de gráficos, librerías de medios, 3D, SQLite, System C Library, etc. [8;17].
- **Runtime:** en esta capa se encuentra la máquina virtual “Dalvik” con la finalidad de proteger las aplicaciones para cuando haya un cierre o una falla imprevista no afecte a otras aplicaciones en el dispositivo, Del mismo modo el sistema operativo Android introdujo un set de librerías o bibliotecas para aportar mayoritariamente las funcionalidades disponibles en las librerías o bibliotecas base del lenguaje de programación Java. [8;17].
- **Núcleo Linux:** en esta capa el sistema operativo Android depende de Linux para los servicios base como es el caso de seguridad, gestión de memoria, gestión de procesos, pila de red, y modelo de controladores. Por consiguiente, esta capa no es pública por tal motivo el desarrollador no puede acceder directamente, por lo tanto, se debe utilizar las librerías disponibles en capas superiores para evitar conocer las características específicas de cada teléfono. [8;17].

3.5. Herramienta SQLite Manager

El sistema operativo Android permite añadir una base de datos (SQLite) a una aplicación Android, para almacenar los datos ingresados a la aplicación mediante la interacción del usuario de manera táctil o touch con la aplicación antes mencionada, en el momento que se requieran con la finalidad de evitar que se tenga la incomodidad de introducir datos cada vez que se inicie la aplicación. El D. Richard Hip, es el creador de SQLite construida con el lenguaje de programación llamado C, surgió en mayo del año 2000. Esta base de datos se almacena por completo en un solo archivo, ha liberado diferentes versiones y su código es de dominio público, por tal motivo ha sido mejorada por colaboradores debido a que puede ser modificada por cualquier persona interesada en el tema. [22].

SQLite es un motor ligero de bases de datos, especialmente para dispositivos móviles. No hay necesidad de ejecutarse en un servidor. [17;23].

SQLite Manager, es el medio en el cual es posible crear una base de datos, eliminar una base de datos, agregar datos, modificar datos, actualizar datos y eliminar datos. A continuación, se muestra la **ventana principal de SQLite Manager**.

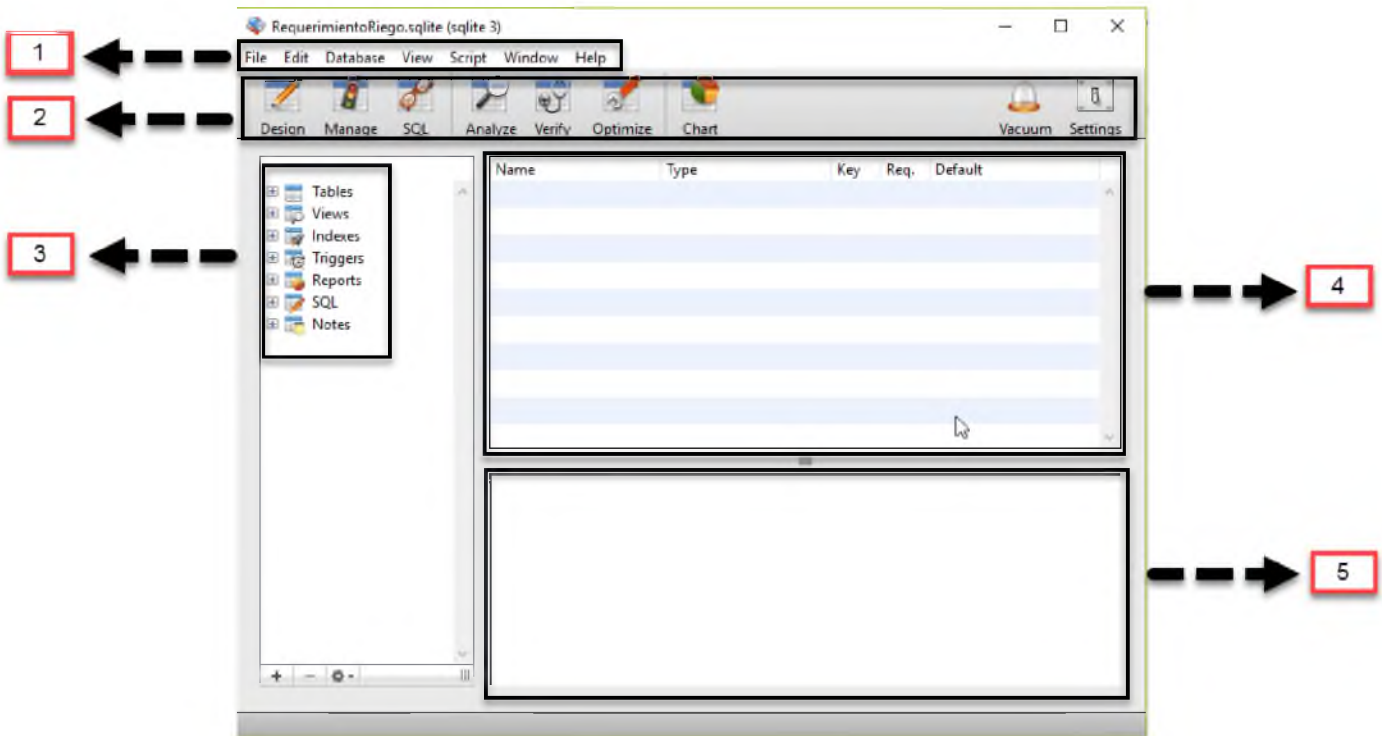


Figura 3.4. Ventana principal de SQLite Manager.

- 1) **Menús disponibles para el usuario**, en su interacción con SQLiteManager.
- 2) **Control en la gestión**, de una base de datos SQLite.
- 3) **Barra de navegación**, dentro de la herramienta SQLite Manager, para la visualización de la información a gusto personal, de acuerdo con la interacción del usuario.
- 4) **Área de los campos disponibles en una tabla**, correspondiente a una base de datos SQLite.
- 5) **Consultas o Querys proporcionados por SQLite**, de acuerdo con lo agregado previamente, en la Ventana de la gestión de una base de datos, mediante instrucciones SQL. Tal como se muestra a continuación:

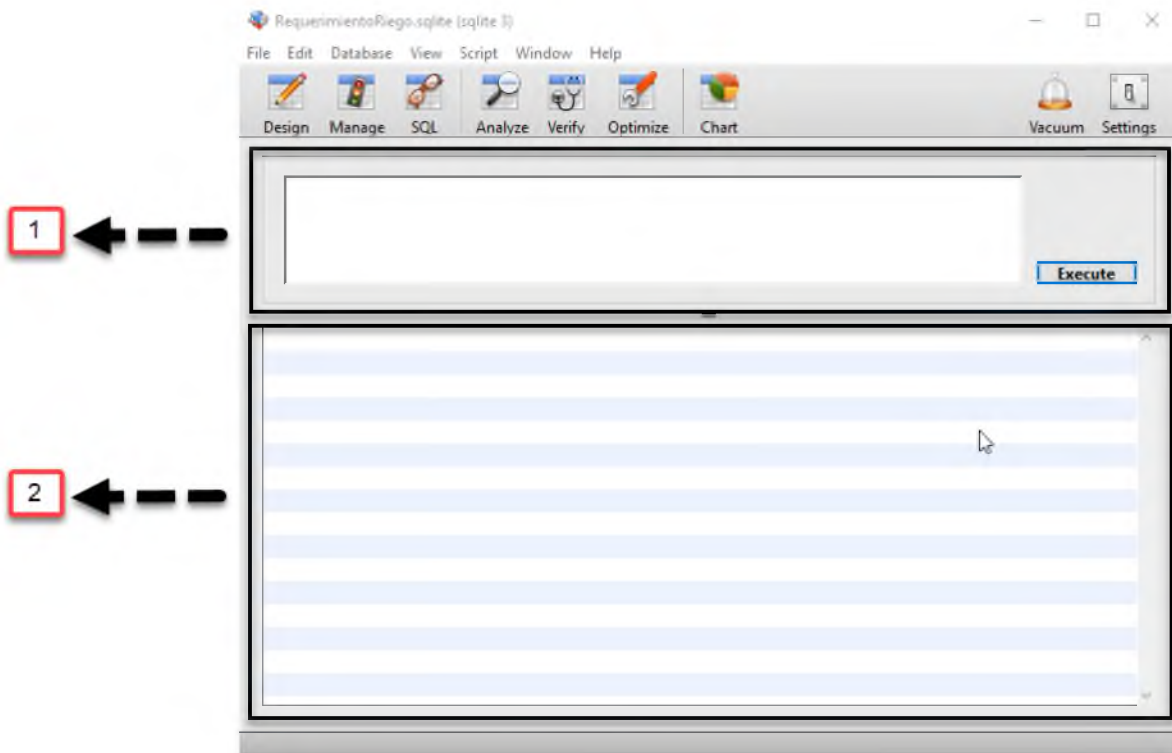


Figura 3.5. Área de la instrucción SQL y visualización de la información.

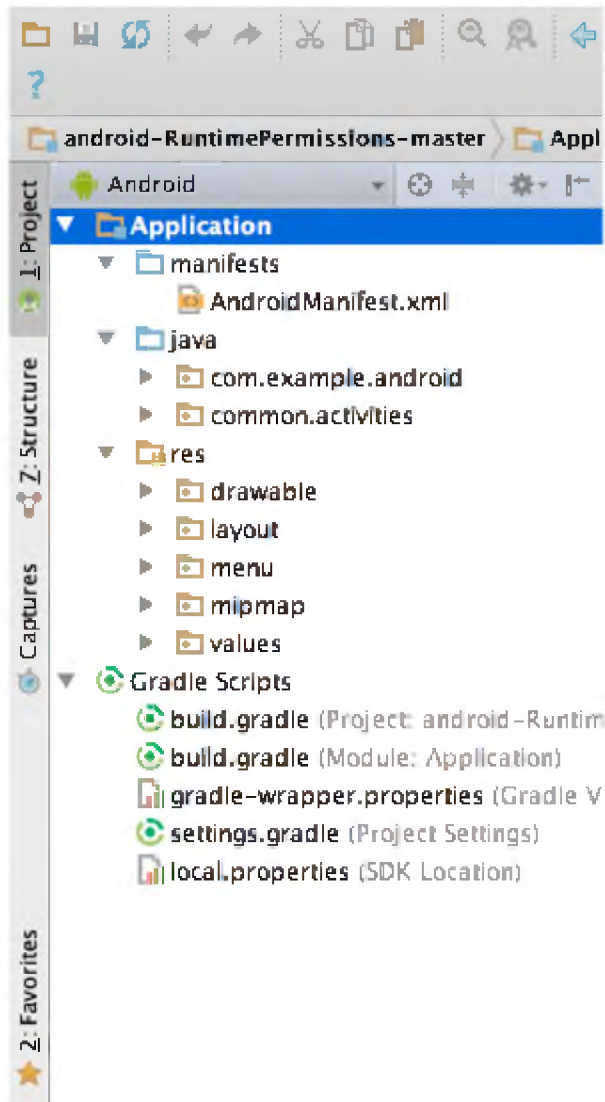
- 1) **Área de la instrucción SQL**, causando efecto en una tabla dentro de una base de datos SQLite.
- 2) **Visualización de la información**, generada en base a una instrucción SQL ingresada por el usuario.

3.6. IDE Android Studio

“Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android”. Android Studio ofrece funciones que incrementan la productividad en el transcurso de la compilación de aplicaciones. Tal como lo es un sistema de compilación basado en Gradle flexible, un emulador con diferentes funciones de acuerdo con un objetivo en específico; Integración de plantillas disponibles para realizar alguna aplicación Android de acuerdo con algún objetivo en específico. “Herramientas Lint para detectar problemas de rendimiento, usabilidad, compatibilidad de versión, entre otras cosas”, “instant Run para aplicar cambios mientras tu app se ejecuta sin la necesidad de compilar un nuevo APK”, diferentes herramientas y frameworks de prueba, compatibilidad con C++ y NDK, soporte incorporado para Google Cloud Platform facilitando la integración de Google Cloud Messaging y App Engine. [24].

En Android Studio existe la libertad de realizar cambios en la lógica de programación o en su caso, en los widgets, así como también porque en la actualidad tiene soporte para realizar aplicaciones Android, permitiendo al usuario editar, depurar y compilar código java, entre otras cosas de interés para el programador, diseñador o profesionalista afín de acuerdo con los objetivos que se requieran.

3.6.1. Estructura del proyecto



El entorno de desarrollo integrado Android Studio, muestra los archivos de un proyecto en la vista de proyectos de Android, tal como se muestra en la presente imagen.

Los archivos de compilación están disponibles en el nivel superior de secuencias de comando de **Gradle** y cada módulo de la aplicación contiene 3 carpetas:

“**manifests:** contiene el archivo AndroidManifest.xml”.

“**java:** contiene los archivos de código fuente de Java, incluido el código de prueba Junit”.

“**res:** contiene todos los recursos, como diseños XML, cadenas de IU e imágenes de mapa de bits”.

Figura 3.6. Estructura de un proyecto en Android Studio.

En la parte de interacción del usuario con la ventana principal de Android Studio, se mencionan los 6 elementos existentes en la realización de una aplicación Android.

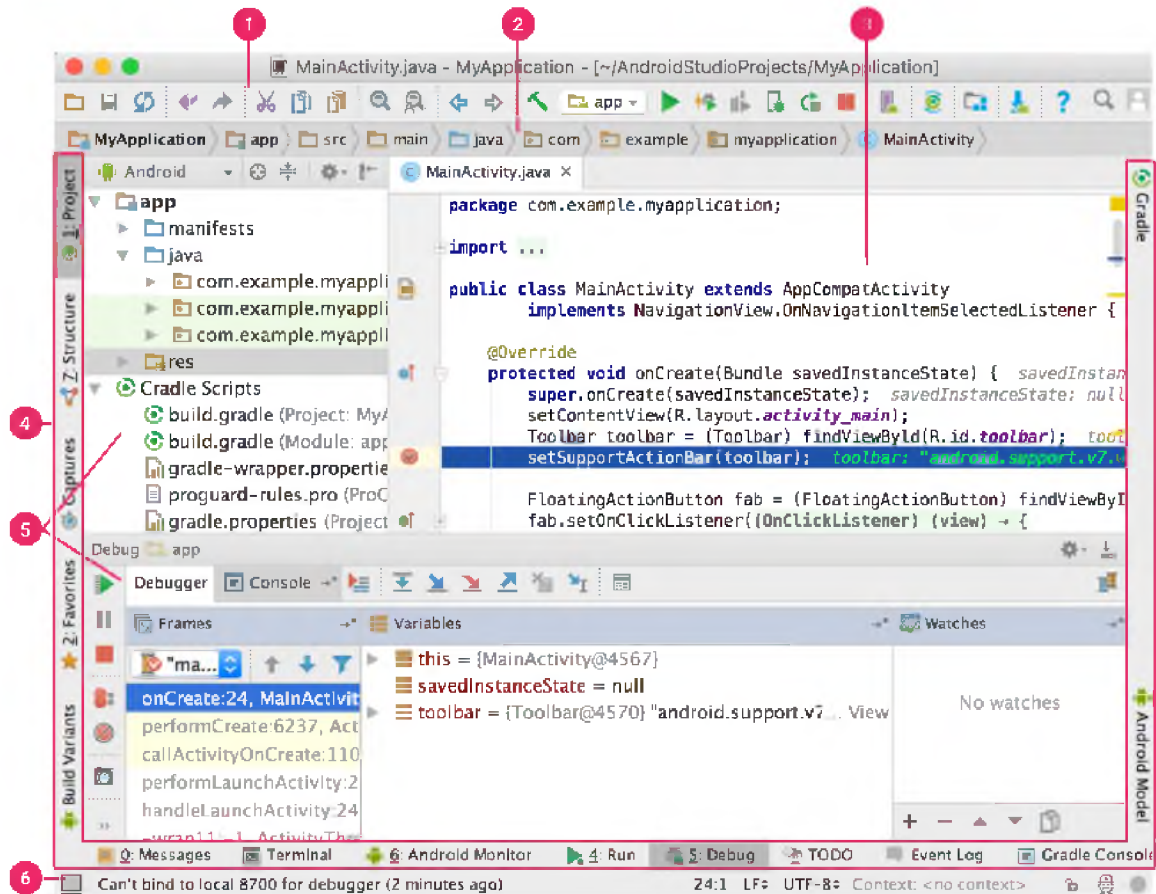


Figura 3.7. Interfaz de usuario de la ventana principal de Android Studio.

- 1) **La barra de herramientas**, permite realizar diferentes acciones, entre ellas la ejecución de una aplicación (app).
- 2) **La barra de navegación**, nos auxilia en la exploración de un proyecto y es posible abrir archivos para editarlos y proporciona una vista compacta.
- 3) **La ventana del editor**, es el medio en el cual se genera código, en relación con una lógica de programación para resolver un problema. También es posible visualizar el diseño de una aplicación instantáneamente.
- 4) **La barra de la ventana de herramientas**, es posible ocultarla o visualizarla de acuerdo con las necesidades del usuario. Conteniendo elementos existentes y disponibles en la gestión de una aplicación o un proyecto.
- 5) **Las ventanas de herramientas**, están disponibles para actividades específicas, cuyo objetivo es la administración correcta de algún proyecto.
- 6) **En la barra de estado**, se muestran las advertencias o cualquier mensaje referente al proyecto realizado, en relación con los objetivos del usuario.

Capítulo IV. SEGMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DEL MÉTODO UNIFICADO DE OPTIMIZACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO DE RIEGO MENSUAL ACUMULADO (MOCRRMA)

En este capítulo se describe con detalle el procedimiento a implementar de la segmentación de la propuesta del método unificado de optimización para el mejoramiento del cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado (MOCRRMA), el cual se basa en dos etapas para realizar el cálculo previo al requerimiento de riego mensual acumulado de “X” cultivo.

- La **primera etapa** se enfoca en determinar los coeficientes periódicos mensuales (K_c) necesarios para ajustar y obtener la evapotranspiración real, en el terreno en donde se realiza la siembra de “X” cultivo; Para lo cual, se aplica el método de Blaney y Criddle modificado por Phelan porque involucra la estimación de los coeficientes periódicos (K_c).
- La **segunda etapa** tiene como objetivo calcular la precipitación efectiva mensual corregida aplicando el método de Doorenbos y Pruitt porque el suelo del terreno del lugar de siembra del cultivo también es importante.

4.1. Métodos aplicados para calcular el requerimiento de riego mensual acumulado de un determinado cultivo

Los coeficientes periódicos mensuales (K_c) del cultivo son necesarios para estimar la evapotranspiración real desde la fecha de siembra a la fecha de cosecha en su desarrollo. Los K_c , se usan para ajustar la evapotranspiración real, de un proyecto, de una finca, etc., sobre la base de un volumen disponible de agua. [25]. El **método de Blaney y Criddle modificado por Phelan** se aplica para calcular los (K_c) y la evapotranspiración real en relación con cultivos (anuales y perennes). Es necesario un método que estime la precipitación efectiva mensual de la manera más estricta posible, tomando en cuenta al suelo, debido a que es un factor determinante en una posible área de riego de acuerdo con la información mencionada de manera previa. [10]. Ahora bien, en relación con la influencia del suelo del terreno del lugar de siembra del cultivo, se aplica el **método de Doorenbos y Pruitt** para calcular la precipitación efectiva mensual y porque es estricto en su estimación. Se toma en cuenta a la evapotranspiración real y al suelo en donde se realiza la siembra de “x” cultivo.

En el método unificado (MOCRRMA) se aplica el (**método de Blaney y Criddle modificado por Phelan y el método de Doorenbos y Pruitt**), para simplificar procesos se ocupan listas enlazadas de listas enlazadas para almacenar los resultados del cálculo de la Evapotranspiración real y de la Precipitación efectiva mensual corregida generados en una lista enlazada de datos primitivos (String, Int, Float, Double, entre otros) individualmente, posterior a la interacción del usuario con la aplicación Android implementada. Como consecuencia de la interacción del usuario con la aplicación Android mencionada se genera un archivo en formato pdf, almacenándose en un Smartphone con sistema operativo Android. Se guarda el archivo generado en formato pdf, en una ruta semejante a: (MisArchivos\Dispositivo) añadiendo por medio de código java, una carpeta denominada “Proyecto_Tesis” y otra dentro de ella denominada “RequerimientoDeRiego”, posteriormente adentro de dicha ruta se almacena el archivo en formato pdf, con el siguiente formato “**Día-Mes-Año [Hora: Minuto: Segundo]**”. Es necesario indicar que en la **Etapa 1 (Del BLOQUE 2 al 5)** se calcula la evapotranspiración real; En la **Etapa 2 (Del BLOQUE 6 al 7)** se calcula la precipitación efectiva mensual corregida; En la **Etapa resultante** se calcula el requerimiento de riego mensual acumulado.

4.2. Segmentaciones equivalentes al método unificado (MOCRMA)

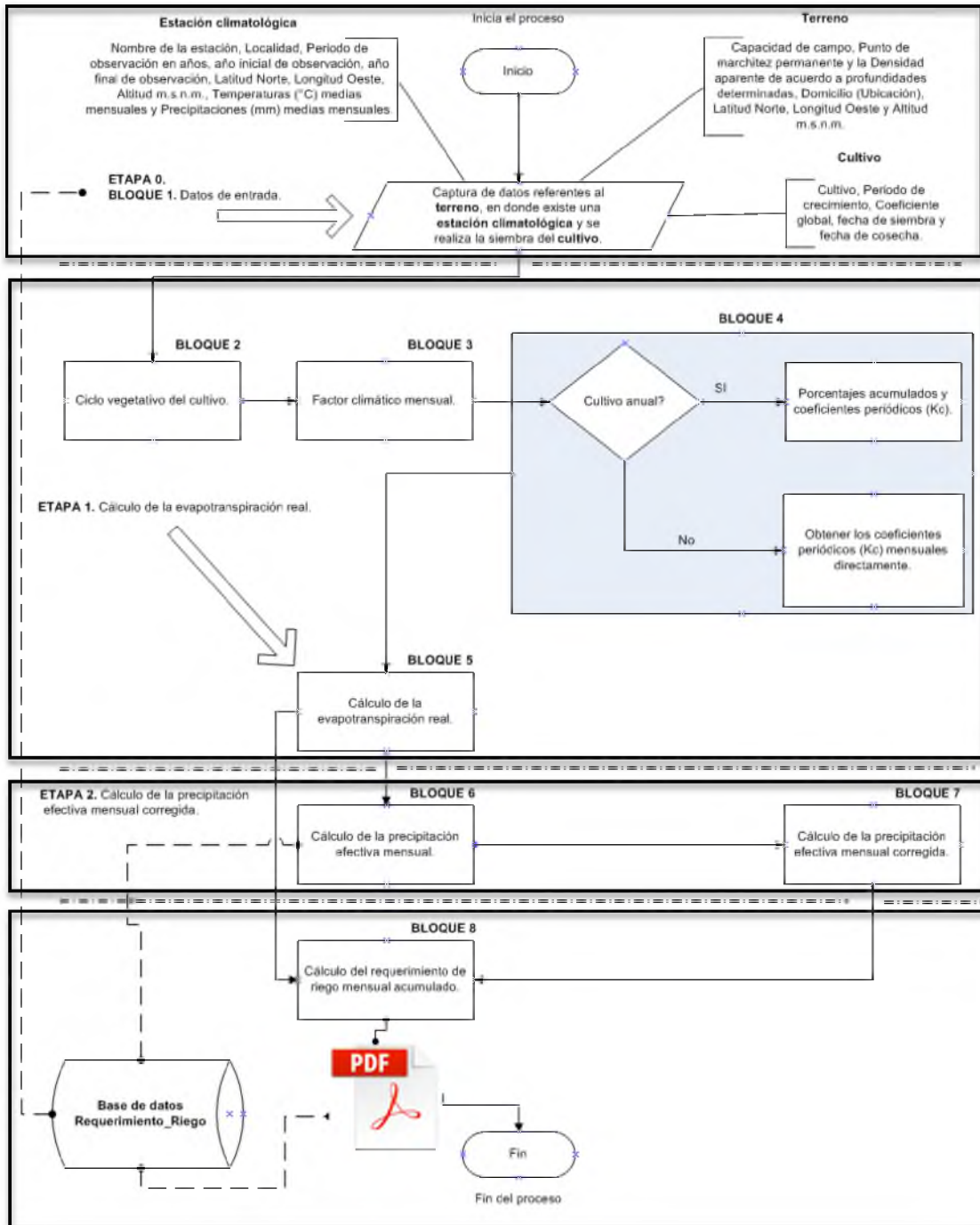


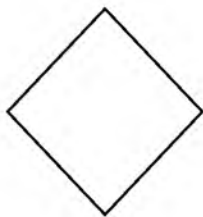
Figura 4.1. Método unificado (MOCRMA) requerido en la estimación del requerimiento de riego mensual acumulado.

A continuación, se menciona la simbología empleada en el Diagrama de flujo previamente mencionado.

Tabla 4.1. Simbología del diagrama de flujo utilizado para el método unificado (MOCRMA).



Captura de datos.



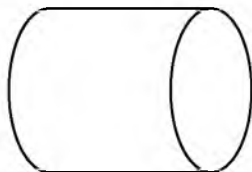
Condicional (Decisión).



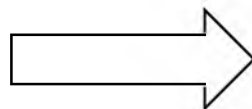
Cálculo u operaciones.



Salida de información (Documento) (en esta ocasión se requiere una imagen del archivo en formato pdf [adobe acrobat reader DC]).



Almacenamiento a la base de datos (SQLite).



Indicador de cálculo o captura de datos.

4.2.1. ETAPA 0. Datos de entrada

En el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado, referente a la siembra de un cultivo en un determinado terreno en específico, es necesario depurar [3;10], para obtener las ecuaciones resultantes, ecuaciones disponibles, aplicar datos, tablas y los métodos necesarios para unificar la información mencionada, realizando un ejemplo hipotético y obtener resultados para generar el método unificado (MOCRRMA). Sin embargo, los datos reales en un caso de estudio en específico, los obtendrá el agrónomo, agricultor o profesionalista relacionado con el área, de acuerdo con su experiencia y conocimiento en campo, porque el suelo del lugar de siembra del cultivo también es determinante en el cálculo.

En la presente etapa el usuario deberá introducir en la aplicación Android, la ubicación geográfica (Latitud Norte, Longitud Oeste, Altitud m.s.n.m.) del lugar de siembra del cultivo de manera decimal. Así como también se recomienda al usuario introducir una precipitación o lluvia mensual (mm) ≥ 0 && ≤ 200 , con la finalidad de no salirnos del margen permitido y disponible en la información reportada y útil en el método de Doorenbos y Pruitt. Es posible introducir a la aplicación Android temperaturas negativas, debido a su variabilidad en toda la República Mexicana, existiendo la posibilidad que en algún lugar exista el frío y propicie una temperatura negativa. Sin embargo, para una explicación detallada o amplia acerca de la variabilidad climática, es necesario acudir a un especialista en el área de la Agroclimatología.

La sección de librerías en específico SQLite, dentro de la arquitectura del sistema operativo Android, es fundamental para controlar el flujo de datos. Basado en los datos ingresados en la aplicación Android (activity's), específicamente en la **1er. Segmentación (ETAPA 0)** del método unificado (MOCRRMA). Sin embargo, en la interacción del usuario con las (activity's) disponibles dentro de la aplicación Android implementada, es requerido el lenguaje de programación java y el lenguaje SQL para el almacenamiento de los datos capturados en cada activity, entre otras cosas.

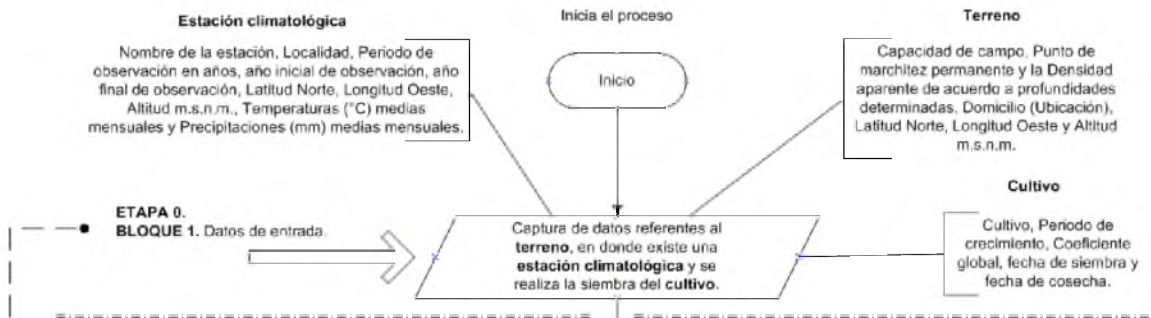


Figura 4.2. 1er. Segmentación (ETAPA 0) del método unificado (MOCRMA).

4.2.2. ETAPA 1. Evapotranspiración real

La (ETAPA 1) es la 2da. Segmentación del método unificado (MOCRMA), se estiman los coeficientes periódicos (K_c) mensuales previos al cálculo de la evapotranspiración real. Los resultados concentrados en la estimación de la evapotranspiración real se almacenan en una lista enlazada de lista enlazada en java.

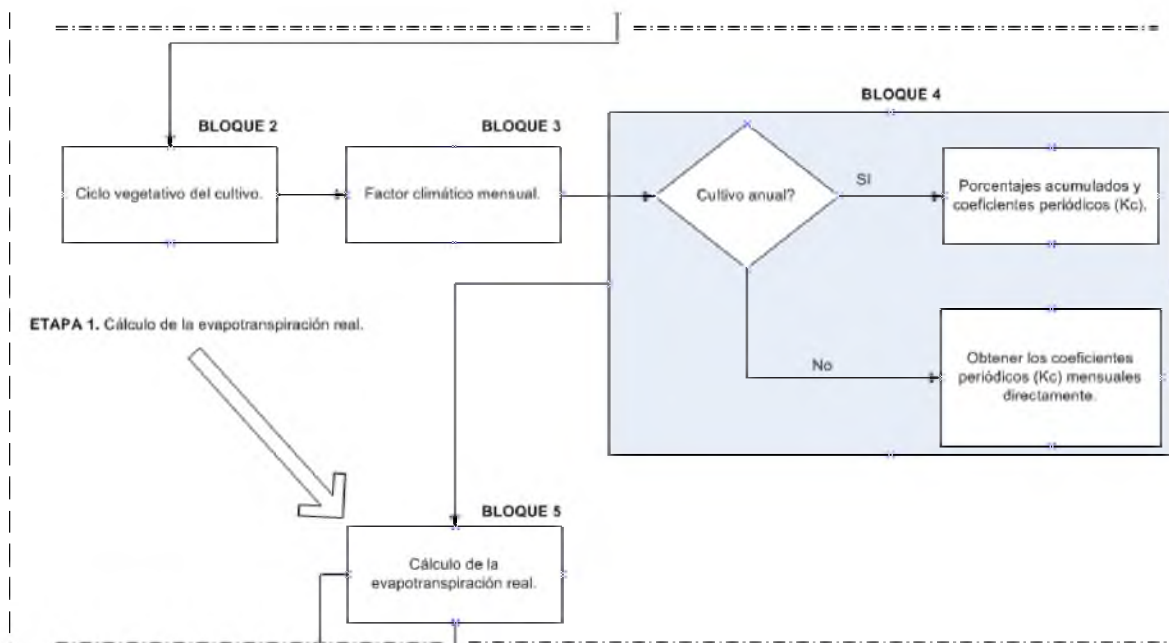


Figura 4.3. 2da. Segmentación (ETAPA 1) del método unificado (MOCRMA).

4.2.3. ETAPA 2. Precipitación efectiva mensual corregida

La (ETAPA 2) es la 3ra. Segmentación del método unificado (MOCRMA), se estima la precipitación efectiva mensual y se corrige en relación con la textura del suelo de un determinado terreno. Los resultados concentrados en la estimación de la precipitación efectiva mensual corregida se guardan en una lista enlazada de lista enlazada en java.

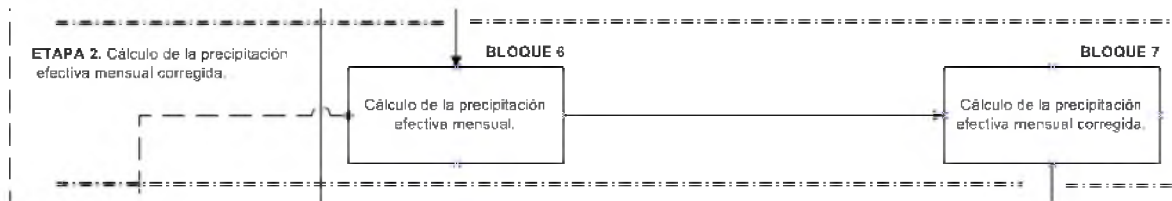


Figura 4.4. 3ra. Segmentación (ETAPA 2) del método unificado (MOCRMA).

En la ETAPA 1 y la ETAPA 2 es necesario en algún momento aplicar una **interpolación lineal**, para encontrar un dato entre un rango de valores disponibles por sus respectivos autores en tablas.

Interpolación lineal [29]. Se obtiene la interpolación lineal con la siguiente fórmula:

$$f_1(x) = f(x_0) + \left(\frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} \right) * (x - x_0)$$

La notación $f_1(x)$ designa que éste es un polinomio de interpolación de primer grado. En términos generales, entre menor sea el intervalo entre los datos, mejor será la aproximación.

4.2.4. ETAPA resultante respecto con la (ETAPA 0, 1 y 2)

La (ETAPA resultante) es la 4ta. Segmentación del método unificado (MOCRRMA), en la cual se estima el requerimiento de riego mensual acumulado; en esta etapa se genera y el usuario puede visualizar la información contenida en un archivo con formato pdf resultante, basado en la (ETAPA 0 [captura de datos], ETAPA 1 [estimación de la evapotranspiración real] y la ETAPA 2 [estimación de la precipitación efectiva mensual corregida]) de la aplicación Android implementada.

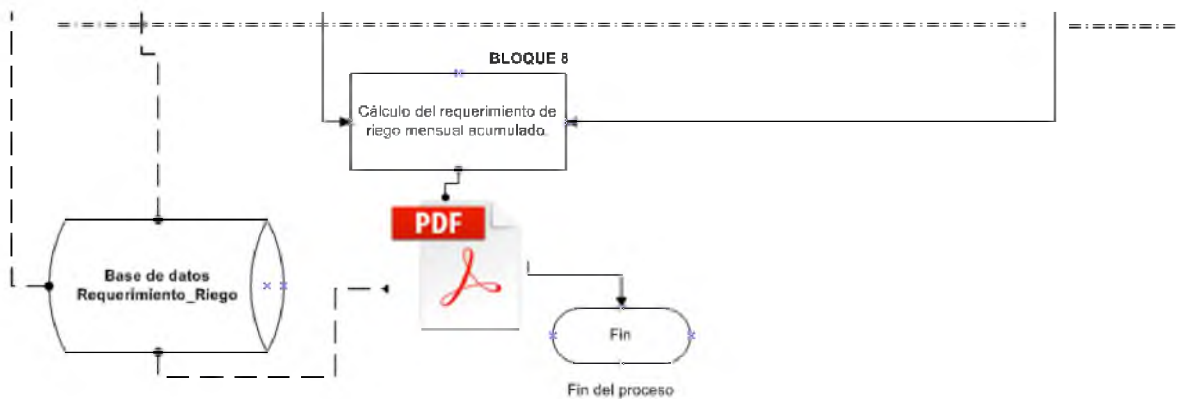


Figura 4.5. 4ta. Segmentación del método unificado (MOCRRMA).

Es posible generar un archivo en formato pdf, posterior a la interacción del usuario con un Smartphones con sistema operativo Android, ejecutando la aplicación Android desarrollada. Afortunadamente consultar la referencia [26], es la base para generar el archivo en formato pdf y el control de datos mediante SQLite se logra mediante la referencia [27; 28].

4.3. Método unificado (MOCRMA) equivalente al diagrama de flujo generado

De manera general, se muestra un ejemplo hipotético unificado en el cual se describe de manera amplia el (MOCRMA) de inicio a fin.

4.3.1. Descripción del Método unificado (MOCRMA)

4.3.1.1. BLOQUE 1: Datos de entrada

4.3.1.1.1. PROCESO 1: Ubicación del terreno y estación climatológica

Los siguientes datos son representativos al terreno en donde se realiza la siembra de algún cultivo, y en él se encuentra cerca una estación climatológica.

Tabla 4.2. Información de la estación climatológica ubicada en un terreno.

Nombre	Localidad	Periodo de observación	Año inicial de observación	Año final de observación	Domicilio (Ubicación)
Necesario	Xochimilco, D.F.	Necesario	Necesario	Necesario	Desconocido S / n
Latitud norte		Longitud Oeste		Altitud m.s.n.m.	
19.36		98.09		2245	
Dueño	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud m.s.n.m.		
Desconocido	19.16	99.06	2245		

Los datos climáticos reportados por una estación climatológica son de carácter histórico, es decir son el promedio mensual de un determinado periodo de observación; Mencionando que los datos climáticos no son hipotéticos, porque alguna estación climatológica de acuerdo con su criterio proporciona ciertos valores apropiados para obtener los datos climáticos siguientes, a manera de ejemplo:

Capítulo IV. SEGMENTACIÓN DEL MÉTODO UNIFICADO (MOCRMA)

Tabla 4.3. Datos climáticos, correspondientes a una estación climatológica.

LISTA DE DATOS CLIMÁTICOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Temperaturas medias mensuales (°C)	12	13.2	16.1	17.3	20	11.9	14.6	10.1	15.8	12.4	16.8	12.6
Precipitaciones medias mensuales (mm)	12.3	7.9	5.8	0.5	4.6	19.5	8.4	0.4	5.9	6.9	6.8	21.5

La radiación solar varía en relación con una ubicación geográfica (Latitud Norte, Longitud Oeste y Altitud m.s.n.m.). En la **Tabla 4.4**, se muestran valores del porcentaje mensual de horas luz, para cualquier parte de la República Mexicana, en el rango de 15° a 34° Latitud Norte.

Capítulo IV. SEGMENTACIÓN DEL MÉTODO UNIFICADO (MOCRMA)

Tabla 4.4. Porcentajes mensuales de horas luz.

Latitud Norte	Meses del Año											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUBRE	NOV.	DIC.
15°	7.94	7.37	8.44	8.45	8.98	8.80	9.03	8.83	8.27	8.26	7.75	7.88
16°	7.93	7.35	8.44	8.46	9.07	8.83	9.07	8.85	9.27	8.24	7.72	7.83
17°	7.86	7.32	8.43	8.48	9.04	8.87	9.11	8.87	8.27	8.22	7.69	7.80
18°	7.83	7.30	8.42	8.50	9.09	8.92	9.92	8.90	8.27	8.21	7.66	7.74
19°	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20°	7.74	7.26	8.41	8.53	9.14	9.00	9.23	8.95	8.29	8.15	7.54	7.62
21°	7.71	7.24	8.40	8.58	9.18	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62
22°	7.66	7.21	8.40	8.56	9.22	9.09	9.33	9.00	8.30	8.13	7.50	7.55
23°	7.62	7.19	8.40	8.57	9.24	9.12	9.35	9.02	8.30	8.11	7.47	7.50
24°	7.58	7.17	8.40	8.60	9.30	9.20	9.41	9.05	8.31	8.09	7.43	7.46
25°	7.53	7.13	8.39	8.61	9.32	9.22	9.43	9.08	8.30	8.08	7.40	7.41
26°	7.49	7.12	8.40	8.64	9.38	9.30	9.49	9.10	8.31	8.06	7.36	7.31
27°	7.43	7.07	8.38	8.65	9.40	9.32	9.52	9.13	8.32	8.03	7.36	7.31
28°	7.40	7.07	8.39	8.68	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.27	7.27
29°	7.35	7.04	8.37	8.70	9.49	9.43	9.61	9.19	8.32	8.00	7.24	7.20
30°	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
31°	7.25	7.00	8.36	8.73	9.57	9.54	9.72	9.24	8.33	7.95	7.15	7.09
32°	7.20	6.97	8.37	8.75	9.63	9.60	9.77	9.28	8.34	7.93	7.11	7.05
34°	7.10	6.91	8.36	8.80	9.72	9.70	9.88	9.33	9.36	7.90	7.02	6.92

Fuente: Blaney y Criddle (1959). [3].

4.3.1.1.2. PROCESO 2: Cultivo

Tabla 4.5. Información del cultivo trigo.

Nombre	Coficiente global de referencia	Periodo de crecimiento	Fecha de siembra	Fecha de cosecha
Cereales de granos pequeños (Trigo, Cebada)	0.75	3 a 6 meses	15 de diciembre de 1994	29 de Abril de 1995

Capítulo IV. SEGMENTACIÓN DEL MÉTODO UNIFICADO (MOCRMA)

De acuerdo con un determinado cultivo en una región climática, se asignan coeficientes globales establecidos; Por ejemplo, a las regiones costeras le corresponden los valores menores de coeficientes globales (K_G) y a las regiones de clima árido le corresponden los valores máximos de coeficientes globales (K_G). [3]. La información mencionada anteriormente es reportada por **Posadas (1969)**, tal como se muestra en el siguiente cuadro: [3]. Se agrega una columna al siguiente cuadro, indicando el tipo de cultivo de acuerdo con la información disponible en la **Tabla 2.1 para cultivos anuales**, y en relación con la **Tabla 2.2 para otros cultivos no anuales**, tomando como referencia ciertos meses específicos de acuerdo con el ciclo vegetativo del cultivo.

Tabla 4.6. Coeficiente global para algunos cultivos reportados por Posadas (1969).

CULTIVO	PERÍODO DE CRECIMIENTO	COEFICIENTE GLOBAL	TIPO DE CULTIVO
Ajonjolí	3 a 4 meses	0.80	Anual
Alfalfa	Entre heladas	0.80 a 0.85	No anual
Alfalfa	En invierno	0.60	No anual
Arroz	3 a 5 meses	1.00 a 1.20	Anual
Cacahuete	5 meses	0.60 a 0.65	Anual
Caña de azúcar	Todo el año	0.75 a 0.90	No anual
Cártamo	5 a 8 meses	0.55 a 0.65	Anual
Cereales de granos pequeños (cebada, trigo)	3 a 6 meses	0.75 a 0.85	Anual
Cítricos	7 a 8 meses	0.50 a 0.65	No anual
Chile	3 a 4 meses	0.60	Anual
Frijol	3 a 4 meses	0.60 a 0.70	Anual
Frutales de hueso y pepita (hoja caduca)	Entre Heladas	0.60 a 0.70	No anual
Garbanzo	4 a 5 meses	0.60 a 0.70	Anual
Jitomate	4 meses	0.70	Anual
Maíz	4 a 7 meses	0.75 a 0.85	Anual
Papa	3 a 5 meses	0.65 a 0.75	Anual
Pasto de gramíneas	Todo el año	0.75	No anual
Pasto de trébol Ladino	Todo el año	0.80 a 0.85	No anual
Sorgo	3 a 5 meses	0.70	Anual
Soya	3 a 5 meses	0.60 a 0.70	Anual

En el caso particular del trigo, localizado en cereales de granos pequeños, que se muestra en el cuadro anterior. Se pueden visualizar diferentes valores de coeficientes globales (K_G) de (0.75 a 0.85), en relación con un determinado cultivo. También es importante mencionar que se requirió para este caso el $K_G = 0.75$. La elección del coeficiente global (K_G) es a criterio personal del especialista que realice el estudio en un determinado lugar. De acuerdo con la fecha de siembra y la fecha de cosecha, el algoritmo obtiene automáticamente el ciclo vegetativo del cultivo trigo.

Tabla 4.7. Datos climáticos obtenidos de una estación climatológica, correspondientes al ciclo vegetativo del cultivo trigo.

LISTA DE DATOS CLIMÁTICOS	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
Temperaturas medias mensuales (°C)	12.6	12	13.2	16.1	17.3
Precipitaciones medias mensuales (mm)	21.5	12.3	7.9	5.8	0.5

Para hacer más estricto el cálculo de la evapotranspiración real, es conveniente que algún especialista en el área de agronomía o algún profesional relacionado con el área agropecuaria realice reevaluaciones de los coeficientes globales para cada cultivo reportado por sus respectivos autores en la Tabla 4.6, porque no hay un valor del coeficiente global como tal para cada cultivo reportado.

4.3.1.1.3. PROCESO 3: Datos del suelo del terreno

La capacidad de campo (CC) es la cantidad máxima de agua que el suelo puede retener, en relación con las 48 horas posterior a la lluvia (precipitación) o riego (el agua desciende en el transcurso del tiempo); La CC depende de la textura del suelo, y es la "cantidad de agua retenida a una tensión de 0.1 a 0.33 bar". [30]. El punto de marchitez permanente (PMP) "es el contenido de agua retenida a una tensión de 15 bar". Se aplica el límite de tensión de 15 bar para una planta (cultivo), adaptada a condiciones medias de humedad, en la cual se pueda extraer agua. [30].

Capítulo IV. SEGMENTACIÓN DEL MÉTODO UNIFICADO (MOCRMA)

La densidad aparente "es una relación que mide el peso del suelo o sustrato por unidad de volumen". [31]. Se refiere a $\frac{\text{unidades de masa}}{\text{unidades de volumen}}$. Las acepciones del término y el criterio o fundamento de la obtención de la densidad aparente, están fuera de los objetivos de la tesis.

En lo que respecta al suelo del terreno en donde se realiza la siembra del cultivo. Es necesario que algún especialista (Agrónomo o profesionalista afín), realice un estudio o análisis de suelo ("El análisis de suelos es una herramienta fundamental para evaluar la fertilidad del suelo, su capacidad productiva y es la base para definir la dosis de nutrientes a aplicar". [32]) o algún estudio hidráulico ("El Diccionario de la lengua española indica" que el significado de hidráulico se refiere al "estudio del equilibrio y el movimiento del agua, así como a la ingeniería de su almacenamiento y conducción (bomba hidráulica)". [33]), para obtener, a profundidades establecidas; los siguientes datos [Textura, Capacidad de campo (CC), Punto de marchitez permanente (PMP) y la Densidad aparente (Da)]; e ingresarlos en la aplicación Android, mediante la interacción del usuario en un Smartphone.

Por otra parte, la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente y la densidad aparente, varían en relación con la textura del suelo, la textura del suelo es distinta de acuerdo con una determinada profundidad en algunos casos. Es de interés disponer de los datos del suelo a distintas profundidades, correspondientes al caso de estudio a manera de ejemplo. Las profundidades del suelo del terreno son de 0 a 90 cm establecidas en el ejemplo reportado. [10]. Sin embargo, las profundidades del suelo no son un estándar, pueden variar de acuerdo con los objetivos o conocimientos de alguna persona que se dedica a la agricultura o agronomía y/o le interesen los resultados generados en el presente cálculo.

Tabla 4.8. Datos del suelo en donde se realiza la siembra del cultivo de trigo.

Profundidad del suelo (cm)	Textura	Capacidad de campo (DECIMAL)	Punto de marchitez permanente (DECIMAL)	Densidad aparente (masa / volumen) (ADIMENSIONAL)
0 - 15	Franco arcilloso arenoso	27.73	16.11	1.65
15 - 30	Franco arcilloso arenoso	28.71	16.7	1.55
30 - 60	Franco arenoso	18.40	10.61	1.56
60 - 90	Franco arenoso	18.73	9.22	1.56

“En cierto modo, la capacidad de campo se puede considerar una propiedad del suelo, mientras que el porcentaje” (punto) “de marchitez permanente lo es de la planta”. [1].

4.3.1.2. BLOQUE 2: Ciclo vegetativo del cultivo

El ciclo vegetativo del cultivo se refiere al periodo comprendido desde la fecha de siembra a la fecha de cosecha. De acuerdo con el ejemplo en el BLOQUE 1.

4.3.1.2.1. PROCESO 1: Fragmentar la fecha de siembra y la fecha de cosecha para que el proceso de abstracción de la información sea rápido

De acuerdo con la fecha de siembra y cosecha, la finalidad es obtener el día, mes y año.

Fecha de siembra = 15 de Diciembre de 1994. Esta información se descompone en: **Día de siembra** = 15, **Mes de siembra** = 12, **Año de siembra** = 1994.

Fecha de cosecha = 29 de Abril de 1995.

Día de cosecha = 29, **Mes de cosecha** = 04, **Año de cosecha** = 1995.

4.3.1.2.2. PROCESO 2: Posible caso de la inversa aplicada a la fecha de siembra y a la fecha de cosecha de “x” cultivo

Se obtiene el ciclo vegetativo del cultivo de manera reversible, porque la fecha de siembra fue en diciembre y la fecha de cosecha es en un mes anterior. Sin embargo, es válido porque el año correspondiente a la fecha de cosecha es mayor al año de la fecha de siembra. Resultando como el ciclo vegetativo del cultivo, los siguientes meses [**Diciembre, Enero, Febrero, Marzo, Abril**].

4.3.1.2.3. PROCESO 3: Duración en días correspondiente a la fecha de siembra y a la fecha de cosecha

Se calcula la duración en días (DD) por mes correspondiente al ciclo vegetativo del cultivo. El día 15 de diciembre se realizó la siembra del cultivo trigo.

Diciembre tiene 31 días, por lo tanto, la (DD) es 17 porque son los días en que el cultivo está presente en el suelo del terreno, del lugar de siembra del cultivo (son 17 días porque el día 15 se realiza la siembra y también cuenta). En los meses posteriores al mes de diciembre y antecesores al mes de abril, se asignan de manera directa los días totales del mes correspondiente al ciclo vegetativo del cultivo. **Enero** = (DD) 31, **Febrero** = (DD) 28 o 29 dependerá si el año en curso es bisiesto o no, **Marzo** = (DD) 31.

Fórmula $(((\text{año} \% 4 == 0) \ \&\& \ (\text{año} \% 100 \neq 0)) \ || \ (\text{año} \% 400 == 0))$, para saber si un año es bisiesto o no. [34]. El día 29 de **Abril** se realizó la cosecha del cultivo trigo. La (DD) es 29. Con la información generada se pasa al siguiente bloque:

4.3.1.3. BLOQUE 3: Factor climático mensual

4.3.1.3.1. PROCESO 1: Duración relativa mensual

En el **BLOQUE 2**, Proceso 3 se muestra cómo obtener la duración en días de un mes en específico, en el cual el cultivo está presente en el suelo del terreno.

Capítulo IV. SEGMENTACIÓN DEL MÉTODO UNIFICADO (MOCRMA)

La duración relativa mensual (DRM), se define como la duración de días del cultivo entre los días del mes, aplicando la (Ec.1).

$$\text{Duración relativa mensual} = \frac{\text{Duración en días}}{\text{Días totales del mes}} \quad \text{Ec. 1}$$

Con los datos del ciclo vegetativo obtenido en el **BLOQUE 2**, se obtiene la siguiente información, mostrando las variables involucradas.

Tabla 4.9. Duración relativa mensual correspondiente al ciclo vegetativo del cultivo de trigo.

Meses	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Duración en días	17	31	28	31	29
Días totales del mes	31	31	28	31	30
Duración relativa mensual	0.548	1	1	1	0.966

La latitud norte del lugar de siembra del cultivo = 19° 16'. Po tal motivo, se aplica una **interpolación lineal** a los valores disponibles en el **Tabla 4.3**, de acuerdo con los meses correspondientes al ciclo vegetativo del cultivo, obteniendo los siguientes valores mensuales:

Tabla 4.10. Porcentajes mensuales de horas luz, de acuerdo con la Latitud Norte (19° 16').

Latitud Norte	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
19°	7.71	7.79	7.28	8.41	8.51
19° 16'	7.695	7.782	7.276	8.41	8.513
20°	7.62	7.74	7.26	8.41	8.53

4.3.1.3.2. PROCESO 2: Ajuste de la temperatura realizada por (Blaney y Criddle) y la obtención del factor climático mensual

Se calcula el factor climático mensual aplicando la siguiente ecuación:

Capítulo IV. SEGMENTACIÓN DEL MÉTODO UNIFICADO (MOCRMA)

$$AJTBC = \frac{(T + 17.8)}{21.8} \quad \text{Ec. 2}$$

$$FC = DRM * AJTBC * PMHL \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

DRM = Duración relativa mensual.

T = Temperatura (°C) de la estación climática.

AJTBC = Ajuste de la temperatura realizada por los investigadores Blaney y Criddle.

PMHL = Porcentaje mensual de horas luz.

FC = Factor climático mensual.

Se concentran los resultados generados en el cálculo del factor climático mensual para el cultivo trigo, de la siguiente manera:

Tabla 4.11. Factor climático mensual, correspondiente al lugar de siembra del cultivo.

Datos calculados	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
Duración relativa mensual (DRM)	0.548	1.000	1.000	1.000	0.966
Temperaturas (°C) (T)	12.600	12.000	13.200	16.100	17.300
Ajuste de la temperatura realizada por los investigadores Blaney y Criddle (AJTBC)	1.394	1.366	1.422	1.555	1.610
Porcentaje mensual de horas luz (PMHL)	7.695	7.782	7.276	8.410	8.513
Factor climático mensual (FC)	5.878	10.630	10.346	13.077	13.239

4.3.1.4. BLOQUE 4: Coeficiente periódico mensual

4.3.1.4.1. PROCESO 1: Porcentajes (%) de desarrollo, referentes al ciclo vegetativo del cultivo trigo

El trigo es un cultivo anual de acuerdo con la información reportada por sus autores en el **Tabla 2.1**. Por tal motivo se procede a realizar el siguiente proceso:

En relación con el ciclo vegetativo (**BLOQUE 2**), se genera el siguiente cuadro con sus respectivas columnas, para obtener los porcentajes acumulados y coeficientes periódicos (Kc), para el cultivo trigo.

Tabla 4.12. Porcentajes acumulados o porcentajes (%) de desarrollo, referente al ciclo vegetativo en días después de la siembra del cultivo trigo.

Mes	Días del mes	Porcentaje (%) mensual del ciclo vegetativo	Mitad del (%) del mes	Porcentajes acumulados	
				Del mes	De la mitad de cada mes
Columna (1)	Columna (2)	Columna (3)	Columna (4)	Columna (5)	Columna (6)
Diciembre	17.000	12.500	6.250	12.500	6.250
Enero	31.000	22.800	11.400	35.300	23.900
Febrero	28.000	20.600	10.300	55.900	45.600
Marzo	31.000	22.800	11.400	78.700	67.300
Abril	29.000	21.323	10.661	100.000	89.361
	Σ = 136				

En la **columna 1 y 2**, se muestra el ciclo vegetativo del cultivo, extraído en la **Tabla 4.9**, renglón 1 y renglón 2.

En la **columna 3**, se calcula el porcentaje mensual de crecimiento de los días de cada mes, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje mensual (i)} = \frac{(\text{Días del mes (i)} * 100)}{\text{Total de los días del mes}} \quad \text{Ec. 4}$$

Capítulo IV. SEGMENTACIÓN DEL MÉTODO UNIFICADO (MOCRMA)

(i) = Se refiere a un mes en específico perteneciente al ciclo vegetativo del cultivo.

Pruebas de los resultados generados para el mes de diciembre:

$$\text{Porcentaje mensual (Diciembre)} = \frac{(17.000 * 100.000)}{136.000} = 12.500$$

En la **columna 4**, el valor representativo del porcentaje de crecimiento se toma a la mitad del mes, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Mitad del porcentaje mensual (i)} = \frac{\text{Porcentaje mensual (i)}}{2.000} \quad \text{Ec. 5}$$

(i) = Se refiere a un mes en específico perteneciente al ciclo vegetativo del cultivo.

Pruebas de los resultados generados para el mes de diciembre:

$$\text{Mitad del porcentaje mensual (Diciembre)} = \frac{12.500}{2.000} = 6.250$$

En la **columna 5**, se obtiene el porcentaje acumulado final del mes.

Cuando $n=1$, se aplica lo siguiente:

$$\text{Porcentaje acumulado final del mes (i)(n)} = \text{Porcentaje mensual (i)(n)} \quad \text{Ec. 6}$$

(i) = Se refiere a un mes en específico perteneciente al ciclo vegetativo del cultivo.

(n) = Posición de un mes en específico perteneciente al ciclo vegetativo del cultivo.

$$\text{Porcentaje acumulado final del mes (Diciembre)(1)} = 12.500$$

Cuando $n>1$, se aplica lo siguiente:

$$\text{Porcentaje acumulado final del mes (i)(n)} = \sum \text{Porcentaje mensual (i)(1 a n)} \quad \text{Ec. 7}$$

Capítulo IV. SEGMENTACIÓN DEL MÉTODO UNIFICADO (MOCRMA)

(i) = Se refiere a un mes en específico perteneciente al ciclo vegetativo del cultivo.

(n) = Posición de un mes en específico perteneciente al ciclo vegetativo del cultivo.

$$\text{Porcentaje acumulado final del mes (Enero)}(2) = 12.500 + 22.800 = 35.300$$

$$\text{Porcentaje acumulado final del mes (Febrero)}(3) = 35.300 + 20.600 = 55.900$$

$$\text{Porcentaje acumulado final del mes (Marzo)}(4) = 55.900 + 22.800 = 78.700$$

$$\text{Porcentaje acumulado final del mes (Abril)}(5) = 78.700 + 21.320 = 100.000$$

En la **columna 6**, se obtiene el porcentaje (%) acumulado a mitad del mes.

Cuando $n=1$, se aplica lo siguiente:

$$\% \text{ acumulado a mitad del mes } (i)(n) = \text{Mitad del porcentaje mensual } (i)(n) \quad \text{Ec. 8}$$

(i) = Se refiere a un mes en específico perteneciente al ciclo vegetativo del cultivo.

(n) = Posición de un mes en específico perteneciente al ciclo vegetativo del cultivo.

$$\text{Porcentaje acumulado a mitad del mes (Diciembre)}(1) = 6.250$$

Cuando $n>1$, se aplica lo siguiente:

$$\begin{aligned} \% \text{ acumulado a mitad del mes } (i)(n) \\ &= \text{Mitad del \% mensual } (i)(n) \\ &+ \% \text{ acumulado final del mes } (i)(n-1) \quad \text{Ec. 9} \end{aligned}$$

(i) = Se refiere a un mes en específico perteneciente al ciclo vegetativo del cultivo.

(n) = Posición de un mes en específico perteneciente al ciclo vegetativo del cultivo.

$$\text{Porcentaje acumulado a mitad del mes (Enero)}(2) = 11.400 + 12.500 = 23.900$$

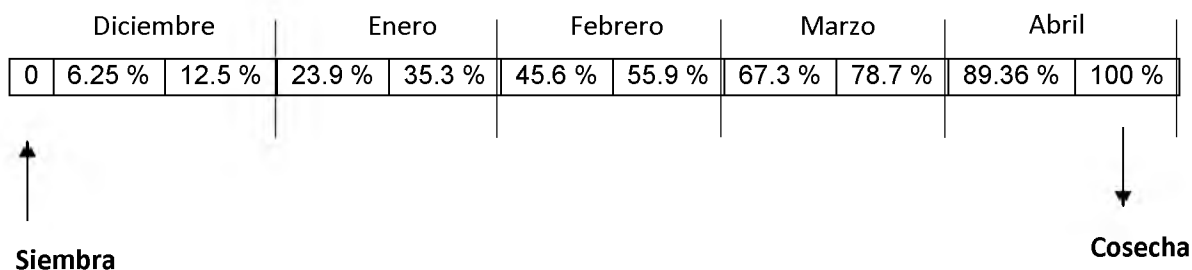
$$\text{Porcentaje acumulado a mitad del mes (Febrero)}(3) = 10.300 + 35.300 = 45.600$$

$$\text{Porcentaje acumulado a mitad del mes (Marzo)}(4) = 11.400 + 55.900 = 67.300$$

$$\text{Porcentaje acumulado a mitad del mes (Abril)}(5) = 10.661 + 78.700 = 89.361$$

Capítulo IV. SEGMENTACIÓN DEL MÉTODO UNIFICADO (MOCRMA)

Se obtiene una lista de los porcentajes acumulados resultantes o porcentajes (%) de desarrollo, ordenando la lista mencionada de menor a mayor y agregando al inicio de la lista el valor de 0. Se muestra la lista generada al momento.



4.3.1.4.2. BLOQUE 2: Porcentajes (%) acumulados resultantes ordenados, referentes al ciclo vegetativo del cultivo trigo

En el siguiente cuadro, se muestra la lista generada de forma matricial, porque es necesario calcular todos los coeficientes periódicos (Kc) del cultivo, desde la fecha de siembra hasta la fecha de cosecha.

Tabla 4.13. Porcentajes (%) acumulados resultantes ordenados, para la obtención del promedio del coeficiente periódico mensual del cultivo de trigo.

Meses	Porcentajes acumulados resultantes		
	(%) de crecimiento a principio del mes.	(%) de crecimiento a mitad del mes.	(%) de crecimiento al final del mes.
Diciembre	0.000	6.250	12.500
Enero	12.500	23.900	35.300
Febrero	35.300	45.600	55.900
Marzo	55.900	67.300	78.700
Abril	78.700	89.361	100.000

4.3.1.4.3. BLOQUE 3: Coeficientes periódicos mensuales

En la información reportada por sus autores en la **Tabla 2.1**, se extrae la columna del porcentaje (%) de desarrollo y los valores de los coeficientes periódicos disponibles para el cultivo trigo. Para lo cual el resultado es la **Tabla 4.14**.

Tabla 4.14. Coeficientes periódicos reportados para el cultivo trigo.

Cultivo trigo	0.15	0.2	0.3	0.4	0.55	0.7	0.9	1.1	1.25	1.40	1.50	1.57	1.62	1.61	1.55	1.45	1.3	1.1	0.95	0.8	0.62
(%) de desarrollo	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100

Fuente: Palacios (1977) y Ortiz *et al.* (1982). [3].

Los coeficientes periódicos (K_c), se calculan basándose en los valores reportados en la **Tabla 4.14**, y en relación con los porcentajes (%) acumulados resultantes ordenados o porcentajes (%) de desarrollo disponibles en la **Tabla 4.13**, para obtener el promedio del coeficiente periódico (K_c) mensual del cultivo trigo para cada mes dentro del ciclo vegetativo del cultivo.

Cuando el porcentaje (%) de desarrollo, no es exactamente al indicado en la información disponible en la **Tabla 4.13**, es necesario tomar como referencia al valor inferior y superior del porcentaje (%) de desarrollo calculado anteriormente, para aplicar una interpolación lineal y obtener el coeficiente periódico (K_c) del cultivo trigo de acuerdo con la información disponible en la **Tabla 4.14**. Por ser el porcentaje (%) de desarrollo = 0, automáticamente le corresponde el valor del (K_c) = 0.15. Para lo cual no es necesario aplicar una interpolación lineal. Cuando el porcentaje (%) de desarrollo = 6.25, es necesario aplicar una interpolación lineal de la siguiente manera:

Capítulo IV. SEGMENTACIÓN DEL MÉTODO UNIFICADO (MOCRMA)

$$(Kc) = 0.20 + \left(\left(\frac{0.30 - 0.20}{10 - 5} \right) \right) * (6.250 - 5) = 0.225$$

Cuando el porcentaje (%) de desarrollo = 12.5, es necesario aplicar una interpolación lineal de la siguiente manera:

$$(Kc) = 0.3 + \left(\left(\frac{0.4 - 0.3}{15 - 10} \right) \right) * (12.500 - 10) = 0.35$$

Se aplica el mismo proceso a los meses restantes. Los resultados anteriores de acuerdo con el ciclo vegetativo del cultivo se ordenan de forma matricial, en el siguiente cuadro:

Tabla 4.15. Cálculo de los coeficientes periódicos mensuales del cultivo trigo.

Columna (1)	Columna (2)	Columna (3)	Columna (4)	Columna (5)
Meses	Valores Kc obtenidos en base a los porcentajes acumulados resultantes ordenados			Promedio de las 3 interpolaciones lineales (Kc)
	1ra. Interpolación lineal (Kc)	2da. Interpolación lineal. (Kc)	3ra. Interpolación lineal. (Kc)	
Diciembre	0.150	0.225	0.350	0.241
Enero	0.350	0.667	1.109	0.708
Febrero	1.109	1.412	1.579	1.366
Marzo	1.579	1.582	1.339	1.500
Abril	1.339	0.969	0.620	0.976

En la **columna (5)**, se calcula el promedio de las 3 interpolaciones lineales, para un mes en específico, generando un coeficiente periódico mensual (Kc.) correspondiente a un determinado mes de acuerdo con el ciclo vegetativo del cultivo.

4.3.1.5. BLOQUE 5: Cálculo de la evapotranspiración real

4.3.1.5.1. PROCESO 1: Calcular el ajuste de la temperatura realizada por el investigador Phelan y la obtención de la evapotranspiración no ajustada

Se calcula la evapotranspiración no ajustada, aplicando las siguientes ecuaciones:

$$KT = [0.03114 * T] + 0.2396 \quad \text{Ec. 10}$$

$$ET \text{ No Ajustada} = KT * FC * KC \quad \text{Ec. 11}$$

Donde:

T = Temperatura (°C) de la estación climatológica.

KT = Ajuste de temperatura realizada por Phelan.

FC = Factor climático mensual.

KC = Coeficiente periódico mensual del cultivo.

ET No Ajustada = Evapotranspiración no ajustada.

Aplicando la ecuación anterior, se obtienen los siguientes resultados ajustados a tres dígitos:

Tabla 4.16. Evapotranspiración no ajustada, correspondiente al lugar de siembra del cultivo.

Datos calculados	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
Temperaturas (°C) (T)	12.600	12.000	13.200	16.100	17.300
Ajuste de temperatura realizada por el investigador Phelan. (KT)	0.631	0.613	0.650	0.740	0.778
Factor climático mensual. (FC)	5.878	10.630	10.346	13.077	13.239
Coeficiente periódico (KC) mensual del cultivo.	0.241	0.708	1.366	1.500	0.976
Evapotranspiración no ajustada.	0.893	4.613	9.186	14.515	10.052

4.3.1.5.2. PROCESO 2: Coeficiente global del cultivo calculado

El coeficiente global del cultivo calculado (KG'), se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$KG' = \frac{\sum ET \text{ No Ajustada}}{\sum FC} \quad \text{Ec. 12}$$

Donde:

ET No Ajustada = Evapotranspiración no ajustada.

FC = Factor climático mensual.

KG' = Coeficiente global del cultivo calculado.

Los resultados generados del coeficiente global del cultivo, con tres dígitos son los siguientes.

Tabla 4.17. Coeficiente global del cultivo calculado, correspondiente al ciclo vegetativo del cultivo de trigo.

Datos calculados	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	SUMATORIA
Evapotranspiración no ajustada	0.893	4.613	9.186	14.515	10.052	39.259
Factor climático	5.878	10.630	10.346	13.077	13.239	53.170
Coeficiente global del cultivo calculado	$\frac{39.259}{53.170} = 0.738$					

4.3.1.5.3. PROCESO 3: Calcular el factor de ajuste (J)

En lo que respecta a un determinado cultivo, el usuario ingresa un coeficiente global (K_G) dentro de un rango establecido, de acuerdo con algunos cultivos disponibles por **Posadas (1969)** en el **BLOQUE 1**. Obteniendo el factor de ajuste con tres dígitos, dado por la siguiente ecuación:

$$J = \frac{KG}{KG'} \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

KG = Coeficiente global del cultivo.

KG' = Coeficiente global del cultivo calculado.

J = Factor de ajuste (J).

$$J = \frac{0.750}{0.738} = 1.016$$

El factor de ajuste (J), es importante calcularlo porque es fundamental para obtener la Evapotranspiración real (ET_r), mediante el ajuste de los dos coeficientes que determinan las condiciones existentes en la zona de referencia del cultivo y de los suelos. [3]. $J = 1.016$, pero cuando $(J) > 1.000$ automáticamente se pone el 1.000, La razón es porque la ET_r no debe ser mayor a la evapotranspiración no ajustada. [25].

4.3.1.5.4. PROCESO 4: Calcular la evapotranspiración real

Se calcula la evapotranspiración real en relación con los meses correspondientes al ciclo vegetativo del cultivo, aplicando la siguiente ecuación:

$$ETr = ET \text{ No Ajustada} * J \quad \text{Ec. 14}$$

Donde:

$ET \text{ No Ajustada}$ = Evapotranspiración no ajustada.

J = Factor de ajuste (J).

ETr = Evapotranspiración real.

En relación con la evapotranspiración no ajustada, y el factor de ajuste (J), se obtiene de acuerdo con el ciclo vegetativo del cultivo, los siguientes resultados:

Tabla 4.18. Evapotranspiración real en relación con el ciclo vegetativo del cultivo trigo.

Datos calculados	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
Evapotranspiración no ajustada	0.893	4.613	9.186	14.515	10.052
Factor de ajuste (J)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Evapotranspiración real	0.893	4.613	9.186	14.515	10.052

4.3.1.6. BLOQUE 6: Calcular la precipitación efectiva mensual

4.3.1.6.1. PROCESO 1: Conversión de la evapotranspiración real de la unidad (cm) a la unidad (mm)

Realizar la conversión (de cm a mm) a las evapotranspiraciones reales correspondientes al ciclo vegetativo del cultivo de trigo, para realizar el cálculo de la precipitación efectiva mensual.

Tabla 4.19. Evapotranspiración real (mm).

Ciclo vegetativo del cultivo	Evapotranspiración real (cm)	Evapotranspiración real (mm)
Diciembre	0.893	8.930
Enero	4.613	46.130
Febrero	9.186	91.860
Marzo	14.515	145.150
Abril	10.052	100.520

4.3.1.6.2. PROCESO 2: Obtención de la precipitación mensual (mm) y la evapotranspiración real (mm), correspondiente al ciclo vegetativo del cultivo previo al cálculo de la precipitación efectiva mensual

Se calcula la precipitación efectiva mensual, tomando como referencia a la **Tabla 4.19**, y a la información disponible en la **Tabla 2.3**.

Tabla 4.20. Información previa al cálculo de la precipitación efectiva mensual.

Ciclo vegetativo del cultivo	Precipitación mensual (mm)	Evapotranspiración real (mm)
Diciembre	21.500	8.930
Enero	12.300	46.130
Febrero	7.900	91.860
Marzo	5.800	145.150
Abril	0.500	100.520

En este caso en particular los valores de la Precipitación mensual (mm) y la Evapotranspiración real (mm), de cada mes correspondiente al ciclo vegetativo del cultivo, no están disponibles en el cálculo de la precipitación efectiva mensual (**Tabla 2.3**). Por tal motivo, es necesario aplicar 3 interpolaciones lineales, para calcular la precipitación efectiva mensual, tomando como referencia el límite inferior y superior de la Precipitación mensual (mm) y el límite inferior y superior de la evapotranspiración real (mm).

Diciembre	
Precipitación mensual (mm)	Evapotranspiración real (mm)
21.500	8.930
Límite inferior de la precipitación mensual (mm)	Límite inferior de la evapotranspiración real (mm)
12.500	0.000
Límite superior de la precipitación mensual (mm)	Límite superior de la evapotranspiración real (mm)
25.000	25.000

Se aplica la 1ra. interpolación lineal:

$$X = \text{Evapotranspiración real (mm)} = 8.930$$

$$X_0 = \text{Límite inferior de la evapotranspiración real (mm)} = 0.$$

$$X_1 = \text{Límite superior de la evapotranspiración real (mm)} = 25.$$

$$Y_0 = \text{Valor resultante del límite inferior de la precipitación mensual (mm) y el límite inferior de la evapotranspiración real (mm)} = 0.$$

$$Y_1 = \text{Valor resultante del límite inferior de la precipitación mensual (mm) y el límite superior de la evapotranspiración real (mm)} = 8.$$

$$1ra. \text{ interpolación lineal} = 0 + \left(\frac{(8 - 0)}{(25 - 0)} \right) * (8.930 - 0) = 2.857$$

Se aplica la 2da. interpolación lineal:

$$Y_0 = \text{Valor resultante del límite superior de la precipitación mensual (mm) y el límite inferior de la evapotranspiración real (mm)} = 0.$$

$$Y_1 = \text{Valor resultante del límite superior de la precipitación mensual (mm) y el límite superior de la evapotranspiración real (mm)} = 16.$$

$$2da. \text{ interpolación lineal} = 0 + \left(\frac{(16 - 0)}{(25 - 0)} \right) * (8.930 - 0) = 5.715$$

Capítulo IV. SEGMENTACIÓN DEL MÉTODO UNIFICADO (MOCRMA)

Se aplica la 3ra. interpolación lineal, para obtener la precipitación efectiva mensual para Sel mes de diciembre, de la siguiente manera:

$$X = \text{Precipitación mensual (mm)} = 21.5$$

$$X_0 = \text{Límite inferior de la precipitación mensual (mm)} = 12.5$$

$$X_1 = \text{Límite superior de la precipitación mensual (mm)} = 25$$

$$Y_0 = \text{1ra. interpolación lineal} = 2.857$$

$$Y_1 = \text{2da. interpolación lineal} = 5.715$$

$$\text{Precipitación efectiva} = 2.857 + \left(\frac{(5.715 - 2.857)}{(25 - 12.5)} \right) * (21.5 - 12.5) = 4.915$$

Los resultados generados, correspondientes a la precipitación efectiva mensual (mm), de acuerdo con el ciclo vegetativo del cultivo de trigo, son los siguientes:

Tabla 4.21. Resultados generados de la precipitación efectiva mensual (mm).

Meses	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Precipitación efectiva mensual (mm)	4.915	7.827	5.530	4.640	0.351

4.3.1.7. BLOQUE 7: Precipitación efectiva mensual corregida

4.3.1.7.1. PROCESO 1: Cálculo de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo del terreno, en donde se realiza la siembra de “x” cultivo

Los datos del suelo (capacidad de campo, punto de marchitez permanente y la densidad aparente a distintas profundidades) del terreno del lugar de siembra del cultivo, se requieren para realizar el cálculo de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. La capacidad de almacenamiento de agua del suelo (ΔS), se obtiene con la siguiente ecuación: [10].

$$(\Delta S) = \text{Dif. Prof.} * DA * (CC - PMP) \quad \text{Ec. 15}$$

Donde:

Dif. Prof. = Diferencia de profundidad del suelo (m).

DA = Densidad aparente $\left(\frac{\text{unidades de masa}}{\text{unidades de volumen}} \right)$.

CC = Capacidad de campo (Porcentaje [%] de humedad del suelo).

PMP = Punto de marchitez permanente (% de humedad del suelo).

(ΔS) = Capacidad de retención de agua del suelo a una profundidad.

Tabla 4.22. Cálculo de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Profundidad del suelo (cm)	Dif. Prof. (m)	DA	CC – PMP	(ΔS)
0-15	0.150	1.650	27.730 – 16.110	2.875
15-30	0.150	1.550	28.710 – 16.700	2.792
30-60	0.300	1.560	18.400 – 10.610	3.645
60-90	0.300	1.560	18.730 – 9.220	4.450
				$\sum (\Delta S) = 13.762 \text{ cm}$

Capítulo IV. SEGMENTACIÓN DEL MÉTODO UNIFICADO (MOCRMA)

Se define como agua disponible para las plantas la que existe entre la capacidad de campo y el porcentaje (punto) de marchitez permanente. [1]. No toda el agua disponible es aprovechable para las plantas. [30].

En la sistematización de la información realizada por [8], se encuentra el resultado de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo (ΔS) en cm, sus respectivos autores tendrán su fundamento. La capacidad de almacenamiento de agua del suelo (ΔS) total, es $\sum(\Delta S) = 13.762 \text{ cm} = 137.62 \text{ mm}$. Requiriéndose para obtener el factor de corrección (K), de acuerdo con el siguiente cuadro: [10].

Tabla 4.23. Información disponible para obtener el factor de corrección.

ΔS mm	20	25	37.5	50	62.5	75	100	125	150	175	200
Factor K	.75	.77	.86	.93	.97	1.0	1.02	1.05	1.06	1.07	1.08

Fuente: Doorenbos y Pruitt (1975) F.A.O. Roma, adaptado por USDA, Soil Con. Ser.

4.3.1.7.2. PROCESO 2: Calcular el factor de corrección (K)

La capacidad de almacenamiento de agua del suelo (ΔS) = 137.62 mm. El factor de corrección (K), correspondiente a la (ΔS) obtenida anteriormente, se calcula aplicando una interpolación lineal, de acuerdo con la información disponible en la **Tabla 4.22**, para lo cual se procede a lo siguiente:

X = Capacidad de almacenamiento de agua del suelo (ΔS) = 137.62 mm.

X_0 = Límite inferior de la (ΔS) = 125 mm.

X_1 = Límite superior de la (ΔS) = 150 mm.

Y_0 = Valor de (K), correspondiente a X_0 = 1.05.

Y_1 = Valor de (K), correspondiente a X_1 = 1.06.

$$K = 1.05 + \left(\frac{(1.06 - 1.05)}{(150 - 125)} \right) * (137.62 - 125) = 1.055$$

El factor de corrección (K) para este caso en particular es $K = 1.055$, obtenido mediante una interpolación lineal.

4.3.1.7.3. PROCESO 3: Calcular la precipitación efectiva mensual corregida

Se calcula la precipitación efectiva mensual corregida, aplicando la siguiente ecuación:

$$PE_{corr} = PE * K \quad \text{Ec. 16}$$

Donde:

PE = Precipitación efectiva mensual.

K = Factor de corrección (K).

PE_{corr} = Precipitación efectiva mensual corregida.

Los resultados generados de la precipitación efectiva mensual corregida, de acuerdo con el ciclo vegetativo de cultivo, son los siguientes:

Tabla 4.24. Precipitación efectiva mensual corregida en relación con el suelo del terreno.

Meses	Precipitación efectiva mensual (mm)	Factor de corrección (K)	Precipitación efectiva mensual corregida (mm)
Diciembre	4.915	1.055	5.185
Enero	7.827	1.055	8.257
Febrero	5.530	1.055	5.834
Marzo	4.640	1.055	4.895
Abril	0.351	1.055	0.370

4.3.1.8. BLOQUE 8: Requerimiento de riego mensual acumulado

4.3.1.8.1. PROCESO 1: Calcular el requerimiento de riego mensual acumulado para el cultivo de trigo

El cálculo del requerimiento de riego es la diferencia entre lo que se pierde por vapor (Evapotranspiración) respecto a lo que se obtiene por cuestiones naturales (Precipitación).

Capítulo IV. SEGMENTACIÓN DEL MÉTODO UNIFICADO (MOCRMA)

$$RR = ETr - PEcorr \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

ETr = Evapotranspiración real.

$PEcorr$ = Precipitación efectiva mensual corregida.

RR = Requerimiento de riego mensual.

Con esta manera de calcular el requerimiento de riego mensual acumulado se evita realizar mediciones con instrumentación especializada en campo requerida por agrónomos, agricultores o profesionistas afines; en lugar de ello se emplean valores de ajuste como son, los coeficientes periódicos mensuales (**Kc**) y el factor de ajuste (**J**) siendo la base del método empírico (se basa en la experiencia) de Blaney y Criddle modificado por Phelan y el factor de corrección (**K**) fundamental en el método empírico de Doorenbos y Pruitt. Se presenta a manera de resumen las variables principales y sus valores del presente ejemplo.

Tabla 4.25. Requerimiento de riego mensual acumulado para el cultivo de trigo.

Meses	Evapotranspiración real (cm)	Precipitación efectiva mensual corregida (cm)	Requerimiento de Riego (R.R.) mensual (cm)	R.R. mensual acumulado (cm)
Diciembre	0.893	0.518	0.375	0.375
Enero	4.613	0.825	3.788	4.163
Febrero	9.186	0.583	8.603	12.766
Marzo	14.515	0.489	14.026	26.792
Abril	10.052	0.037	10.015	36.807

El requerimiento de riego mensual acumulado se refiere a la cantidad de agua estimada que se necesita aplicar al suelo del terreno del lugar de siembra del cultivo. Sin embargo, el requerimiento de riego mensual se muestra en (cm), porque así se reporta en la información sistematizada. [3].

Capítulo V. PRUEBAS Y RESULTADOS

El presente capítulo es esencial porque en él se muestra la realidad de las cosas, en lo que respecta la propuesta del método unificado de optimización para el mejoramiento del cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado implementado en una aplicación móvil basado en Android. (Engloba todo lo relacionado con los datos de entrada de acuerdo con un ejemplo hipotético en general y a la entrega de la información generada en base con la interacción del usuario con la aplicación Android desarrollada).

El smartphone requerido para la prueba del método unificado (MOCRMA) es el Samsung Galaxy Grand Prime, específicamente en el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado, mediante su ejecución con la aplicación Android desarrollada; Es fundamental indicar que se puede requerir cualquier Smartphone con sistema operativo Android con la versión de Android 5.1 o superior.

Se muestran los resultados generados en la aplicación Android implementada, en específico el archivo en formato pdf, para visualizar si el resultado final del requerimiento de riego mensual acumulado mostrado en el Capítulo IV. Segmentación de la propuesta del método unificado de optimización para el mejoramiento del cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado (**Tabla 4.25. Requerimiento de riego mensual acumulado para el cultivo de trigo**) es correcto.

En definitiva, se muestran los resultados generados en la aplicación Android realizada. La aplicación se denomina "COMPU_JARV_AGRO". La razón es debido a que soy de la carrera de Ing. en computación y existe un algoritmo aplicado para apoyar en la medida de lo posible una pequeña parte del sector agrícola (el uso racional del agua). ([Las siglas JARV] significa José Arturo Ríos Velázquez).

Se muestran a continuación las activity's (pantallas) de la aplicación Android implementada, para mostrar al usuario cual información es importante introducir para efectuar el procesamiento de datos y obtener un resultado en relación con los datos de entrada.

5.1. Desarrollo de la aplicación “COMPU_JARV_AGRO”

El entorno de desarrollo integrado Android Studio facilita al desarrollador de aplicaciones móviles Android, generar las líneas de código necesarias con la lógica fundamental para el buen procesamiento de datos y entregar resultados satisfactorios. Android Studio, es un editor de texto lo suficientemente amplio para la correcta visualización del usuario al desarrollar una aplicación móvil para Smartphones con sistema operativo Android. El ambiente de desarrollo para aplicaciones Android, es parecido a la (Visualización de la Figura 5.1).



Figura 5.1. Ambiente de desarrollo para aplicaciones Android.

5.1.1. Activity principal

La pantalla (activity) principal, pone a disposición del usuario 4 opciones de elección, mediante su interacción con los botones disponibles. Ésta activity desglosa otras actividades diferentes dentro de la misma pantalla, es decir hay actividades encadenadas entre ellas. Todo esto es posible gracias al **IDE Android Studio** que permite el desarrollo para aplicaciones móviles Android, en específico para esta ocasión dirigido a smartphones con sistema operativo Android. Las activity's implementadas están realizadas con **XML**, y son mostradas en la aplicación móvil "COMPU_JARV_AGRO" desarrollada a través del lenguaje de programación de alto nivel java (Visualización de la Figura 5.2).



Figura 5.2. Activity principal.

En el flujo de las activity's pertenecientes a la aplicación mencionada, es necesario el uso de **SQLite** para mostrar información fundamental en los **XML** realizados. Ésta información existe en el **apk** generado en Android Studio. **SQLite** tiene dos ventajas en la **aplicación (app)** desarrollada en la presente tesis, la primera es que se requiere para la captura de datos del usuario y la segunda en los accesos a la información existente previamente al primer uso del usuario para mostrar cierta información en los **XML** implementados pertenecientes a las activity's dentro de la aplicación. En la interacción del usuario con la **aplicación (app)** desarrollada, se ejecuta internamente del Smartphones todo lo relacionado con el **Capítulo III. Sistema operativo Android.**

5.1.1.1. 1ra, Parte del código del archivo XML (Activity principal)

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<RelativeLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
    tools:context="com.example.josearturo.requerimientoderiego.MainActivity"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent">

    <Button
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="Estación Climatológica"
        android:id="@+id/Btn_EstacionDisponible"
        android:layout_marginTop="60dp"
        android:onClick="Proceso_EstacionClimatica"/>

    <TextView
        android:id="@+id/TV1_EC"
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_below="@+id/Btn_EstacionDisponible"
        android:layout_marginTop="19dp"
        android:ems="10"
        android:hint="Dato necesario"
        android:layout_centerHorizontal="true"
        android:gravity="center"
        android:textColor="@android:color/holo_red_dark"
        android:text="" />

    <Button
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="Terreno"
        android:id="@+id/Btn_TerrenoDisponible"
        android:layout_below="@+id/TV1_EC"
        android:layout_marginTop="15dp"
        android:onClick="Proceso_Terreno"/>

```

5.1.1.1.1. 2da. Parte del código del archivo XML (Activity principal)

```

<TextView
    android:id="@+id/TV1_T"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_below="@+id/Btn_TerrenoDisponible"
    android:layout_marginTop="19dp"
    android:ems="10"
    android:hint="Dato necesario"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:gravity="center"
    android:textColor="@android:color/holo_red_dark"
    android:text="" />
<Button
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Cultivo"
    android:id="@+id/Btn_CultivoDisponible"
    android:layout_below="@+id/TV1_T"
    android:layout_marginTop="15dp"
    android:onClick="Proceso_Cultivo"/>
<TextView
    android:id="@+id/TV1_C"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_below="@+id/Btn_CultivoDisponible"
    android:layout_marginTop="19dp"
    android:ems="10"
    android:hint="Dato necesario"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:gravity="center"
    android:textColor="@android:color/holo_red_dark"
    android:text="" />
<Button
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Reporte"
    android:id="@+id/Btn_RequerimientoDeRiego"
    android:layout_below="@+id/TV1_C"
    android:layout_marginTop="20dp"
    android:onClick="Proceso_RR"/>
</RelativeLayout>

```

5.1.2. Activity del menú de decisión de una estación climatológica


Ésta activity muestra 2 opciones como menú de decisión, en la cual existe la libertad de seleccionar cualquiera de ellas para ingresar datos de una estación climatológica en cualquier momento. Existe la posibilidad de escoger en cualquier momento estas opciones, o en su caso el usuario puede optar por presionar en su Smartphone la opción de atrás (en algunos casos pudiera ser ésta imagen , o bien alguna otra imagen parecida). Esto sucede para todas las activity's con un menú parecido a la activity previamente mencionada (Visualización de la Figura 5.3).



Figura 5.3. Activity del menú de la estación climatológica.

5.1.2.1. Código representativo a la Activity 2

```
public void Proceso_EstacionClimatica(View view){
    final String Tipo[]={ "Datos Geográficos", "Datos Climáticos" };
    AlertDialog.Builder construir=new AlertDialog.Builder(MainActivity.this);
    construir.setTitle("Decisión");
    construir.setItems(Tipo, (dialog, item) → {
        Intent NuevaFantalla=null;
        switch(item){
            case 0:
                NuevaFantalla=new Intent(MainActivity.this, DatosGeograficos_Estacion.class);
                break;
            case 1:
                NuevaFantalla=new Intent(MainActivity.this, DatosClimaticos_Estacion.class);
                break;
        }
        startActivity(NuevaFantalla);
        dialog.dismiss();
    }).show();
}
```

5.1.2.2. Activity de los datos geográficos (1ra. Parte, 3)

En la presente activity, se solicita al usuario datos relevantes indicados en la Figura 5.4.

Datos Geográficos

Nombre de la Estación:

Localidad:

Año De Observación Inicial:

3

Año De Observación Final:

Latitud Norte:

Longitud Oeste:

Figura 5.4. 1ra. parte de la Activity de los datos geográficos.

En realidad, se requiere información representativa de una estación climatológica en específico los datos geográficos, entre otras cosas.

5.1.2.2.1. 1ra. Parte del código del archivo XML de la activity 3

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<ScrollView xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    android:id="@+id/scroll"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:scrollbars="vertical" >
    <LinearLayout
        android:id="@+id/LinearLayout_DatosGeograficas_Estacion"
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="match_parent"
        android:orientation="vertical"
        android:gravity="center">
        <TextView
            android:gravity="center"
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:text="Nombre de la Estación:"
            android:id="@+id/Tv_NombreEstacion"
            android:layout_alignParentTop="true"
            android:layout_centerHorizontal="true"
            android:layout_marginTop="15dp"/>
        <EditText
            android:gravity="center"
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:inputType="text"
            android:hint=""
            android:id="@+id/Et_NombreEstacion"
            android:layout_below="@+id/Tv_NombreEstacion"
            android:layout_alignParentLeft="true"
            android:layout_alignParentStart="true"
            android:layout_alignParentRight="true"
            android:layout_alignParentEnd="true" />
        <TextView
            android:gravity="center"
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:text="Localidad:"
            android:id="@+id/Tv_Localidad"
            android:layout_below="@+id/Et_NombreEstacion"
            android:layout_centerHorizontal="true"
            android:layout_marginTop="29dp" />
        <EditText
            android:gravity="center"
            android:inputType="text"
            android:hint=""
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:id="@+id/Et_Localidad"
            android:layout_below="@+id/Tv_Localidad"
            android:layout_alignParentLeft="true"
            android:layout_alignParentStart="true"
            android:layout_alignParentRight="true"
            android:layout_alignParentEnd="true" />
    </LinearLayout>
</ScrollView>

```

5.1.2.2.1.1. 2da. Parte del código del archivo XML de la activity 3

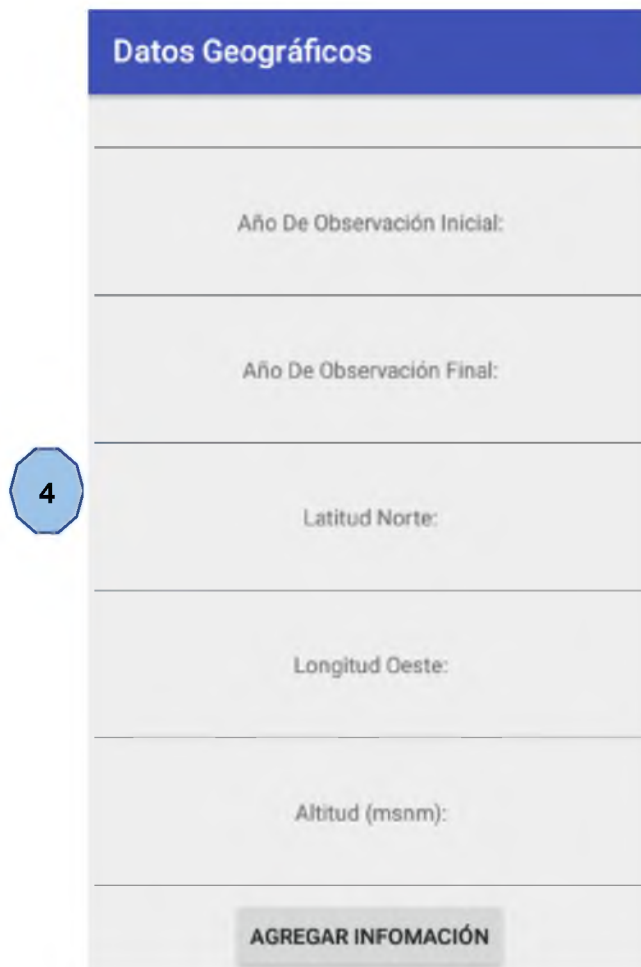
```

<TextView
    android:gravity="center"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:textAppearance="?android:attr/textAppearanceSmall"
    android:text="Año De Observación Inicial:"
    android:id="@+id/Tv_ObservacionInicial"
    android:layout_marginTop="29dp" />
<EditText
    android:gravity="center"
    android:hint=""
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:inputType="number"
    android:ems="10"
    android:id="@+id/Et_ObservacionInicial"
    android:maxLength="4"/>
<TextView
    android:gravity="center"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:textAppearance="?android:attr/textAppearanceSmall"
    android:text="Año De Observación Final:"
    android:id="@+id/Tv_ObservacionFinal"
    android:layout_marginTop="29dp" />
<EditText
    android:gravity="center"
    android:hint=""
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:inputType="number"
    android:ems="10"
    android:id="@+id/Et_ObservacionFinal"
    android:maxLength="4"/>
<TextView
    android:gravity="center"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Latitud Norte:"
    android:id="@+id/Tv_LatitudNorte"
    android:layout_marginTop="29dp" />
<EditText
    android:gravity="center"
    android:hint=""
    android:inputType="numberDecimal"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:id="@+id/Et_Latitud" />

```

5.1.2.3. Activity de los datos geográficos (2da. Parte, 4)

Es la continuación de la activity anterior, porque tiene un scroll vertical y no se visualiza toda la activity en la pantalla del Smartphone con sistema operativo Android utilizado como prueba de la aplicación (Visualización de la Figura 5.5).



The image shows a mobile application interface for entering geographic data. It features a blue header with the text "Datos Geográficos". Below the header is a scrollable list of input fields, each with a label: "Año De Observación Inicial:", "Año De Observación Final:", "Latitud Norte:", "Longitud Oeste:", and "Altitud (msnm):". At the bottom of the form is a button labeled "AGREGAR INFORMACIÓN". A blue octagonal callout with the number "4" is positioned to the left of the "Latitud Norte:" field.

Figura 5.5. 2da. parte de la Activity de los datos geográficos.

5.1.2.3.1. Código del archivo XML de la activity 3 y 4

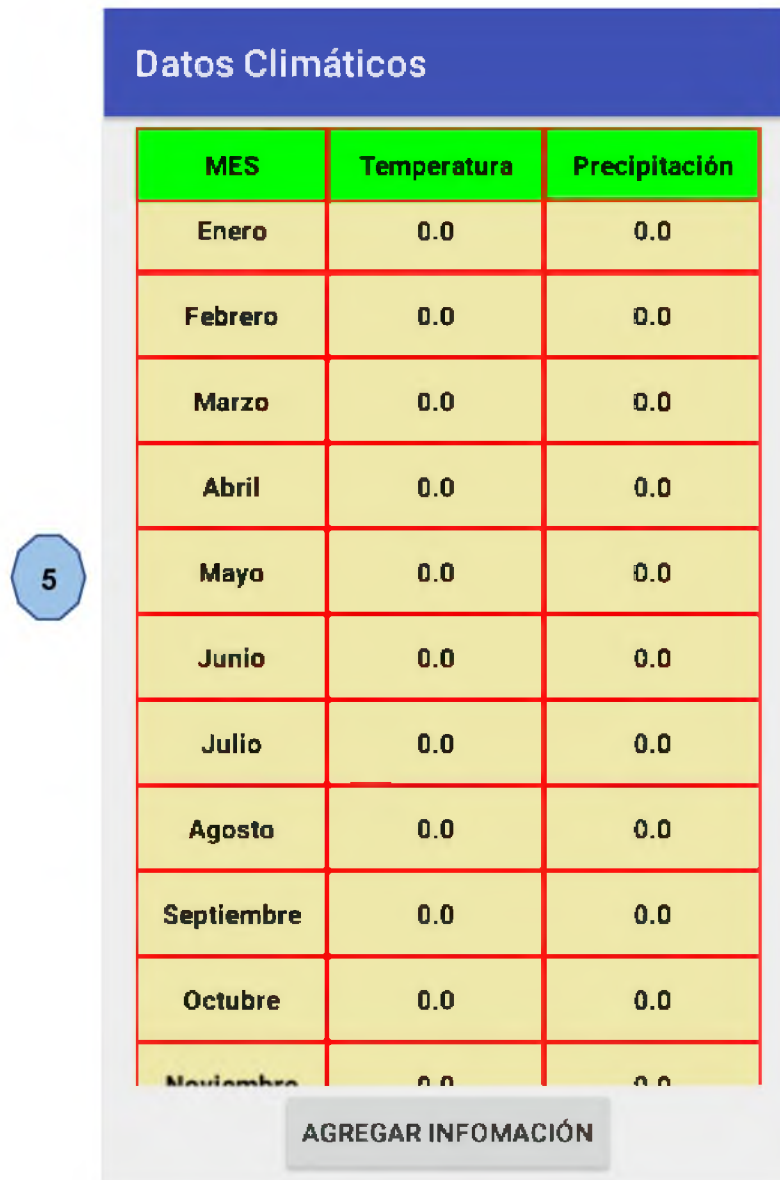
```

<TextView
    android:gravity="center"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Longitud Oeste:"
    android:id="@+id/Tv_Longitud"
    android:layout_marginTop="29dp" />
<EditText
    android:gravity="center"
    android:hint=""
    android:inputType="numberDecimal"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:id="@+id/Et_Longitud"
    android:layout_below="@+id/Tv_Longitud" />
<TextView
    android:gravity="center"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Altitud (msnm):"
    android:id="@+id/Tv_Altitud"
    android:layout_marginTop="29dp" />
<EditText
    android:gravity="center"
    android:hint=""
    android:inputType="numberDecimal"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:id="@+id/Et_Altitud" />
<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_gravity="center"
    android:visibility="visible"
    android:orientation="vertical" >
    <Button
        android:id="@+id/Btn_ProcesarDGE"
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="GUARDAR DATOS "
        android:onClick="Guardar_DatosGeograficosEstacion" />
</LinearLayout>
</LinearLayout>
</ScrollView>

```

5.1.2.4. Activity de los datos climáticos

La existencia de la activity anterior, es por la necesidad de capturar los datos necesarios, tal como se indica en la **Tabla 4.3**. Datos climáticos correspondientes a una estación climatológica; perteneciente al Capítulo IV. Segmentación de la propuesta del método unificado de optimización para el mejoramiento del cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado (Visualización de la Figura 5.6).



Datos Climáticos		
MES	Temperatura	Precipitación
Enero	0.0	0.0
Febrero	0.0	0.0
Marzo	0.0	0.0
Abril	0.0	0.0
Mayo	0.0	0.0
Junio	0.0	0.0
Julio	0.0	0.0
Agosto	0.0	0.0
Septiembre	0.0	0.0
Octubre	0.0	0.0
Noviembre	0.0	0.0

AGREGAR INFORMACIÓN

Figura 5.6. Activity de los datos climáticos.

Es posible cambiar los datos de la temperatura (°C) y de la precipitación (mm) en cualquier momento en relación con un mes del año; están directamente relacionados con todo el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado (Etapa 0 [captura de datos], Etapa 1 [Estimación de la evapotranspiración real], Etapa 2 [Estimación de la precipitación efectiva mensual corregida] y la Etapa resultante [requerimiento de riego mensual acumulado]).

5.1.2.4.1. Código representativo a la activity 5

```

final int finalIndice = indice;
fila.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View v) {
        final View vista = v;
        LayoutInflater inflater = LayoutInflater.from(DatosClimaticos_Estacion.this);
        View promptView = inflater.inflate(R.layout.reemplazar_datosclimaticos, null);
        AlertDialog.Builder alertDialogBuilder = new AlertDialog.Builder(DatosClimaticos_Estacion.this);
        alertDialogBuilder.setView(promptView);

        final EditText Temperaturas, Precipitacionn;
        Temperaturas = (EditText) promptView.findViewById(R.id.Et_T);
        Precipitacionn = (EditText) promptView.findViewById(R.id.Et_PO);

        Temperaturas.setText("" + Temperaturas[vista.getId() - 1]);
        Precipitacionn.setText("" + Precipitacionn[vista.getId() - 1]);

        alertDialogBuilder.setTitle(Meses[finalIndice]);

        alertDialogBuilder.setCancelable(false)
            .setPositiveButton("Reemplazar datos climáticos", new DialogInterface.OnClickListener() {
                .setNegativeButton("Cancelar",
                    new DialogInterface.OnClickListener() {
                        AlertDialog alert = alertDialogBuilder.create();
                        alert.show();
                    }
                );
    }
});

```

5.1.3. Activity del menú de decisión del terreno

Ésta activity muestra 2 opciones como menú de decisión, en la cual existe la libertad de seleccionar cualquiera de ellas para ingresar datos del terreno en cualquier momento (Visualización de la Figura 5.7).



Figura 5.7. Activity del menú del terreno.

5.1.3.1. Código representativo a la activity 6

```
public void Proceso_Terreno(View view) {
    final String Tipo[]={"Datos Geograficos e informativos","Datos del suelo"};
    AlertDialog.Builder construir=new AlertDialog.Builder(MainActivity.this);
    construir.setTitle("Decisión");
    construir.setItems(Tipo,new DialogInterface.OnClickListener(){
        @Override
        public void onClick(DialogInterface dialog, int item) {
            Intent NuevaPantalla=null;
            switch(item){
                startActivity(NuevaPantalla);
                dialog.dismiss();
            }
        }
    }).show();
}
```

5.1.3.2. Activity del menú de las profundidades del suelo

La presente activity muestra distintas profundidades del suelo, para ingresar datos relevantes de acuerdo con un análisis de suelo o algo similar, realizado por un agrónomo o profesionalista relacionado con el área agropecuaria. El presente menú de opciones son decisiones que tomará el usuario en relación con la información disponible en su momento (Visualización de la Figura 5.8).

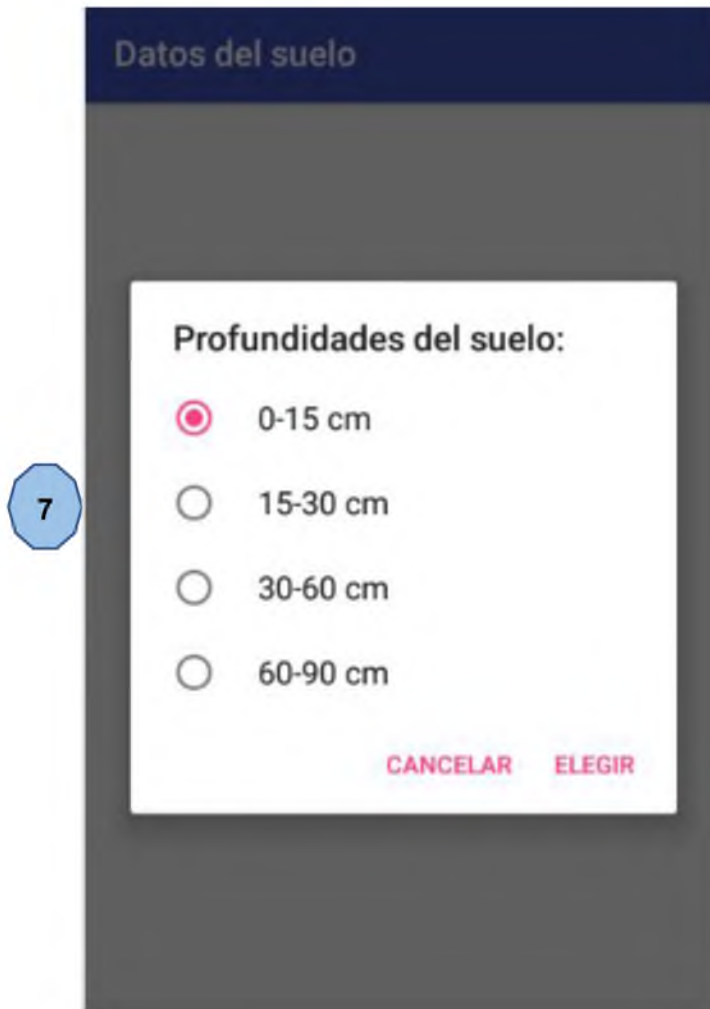


Figura 5.8. Activity del terreno.

5.1.3.2.1. Código representativo a la activity 7

```
AlertDialog.Builder Ventana =new AlertDialog.Builder(this);
final int[] eleccion = {0};
Ventana.setTitle("Profundidades del suelo:");
final CharSequence[] Fr_suelo={"0-15 cm","15-30 cm","30-60 cm","60-90 cm"};

Ventana.setSingleChoiceItems(Fr_suelo, 0, new DialogInterface.OnClickListener() {

Ventana.setCancelable(false);

Ventana.setPositiveButton("Elegir", new DialogInterface.OnClickListener() {

Ventana.setNegativeButton("Cancelar", new DialogInterface.OnClickListener() {
Ventana.show();
```

5.1.3.3. Activity de los datos representativos del terreno

Es la continuación de la actividad anterior, porque tiene un scroll vertical y no se visualiza toda la actividad en la pantalla del Smartphone con sistema operativo Android utilizado como prueba de la aplicación (Visualización de la Figura 5.9).

The image shows a vertical scrollable form on a smartphone screen. The form has a blue header with the text "Datos Representativos del Terreno". Below the header, there are six input fields, each with a label: "Propietario:", "Localidad:", "Ubicación (Domicilio):", "Latitud Norte:", "Longitud Oeste:", and "Altitud (msnm):". A red vertical line is visible in the "Propietario:" field. At the bottom of the form, there is a grey button with the text "AGREGAR INFORMACIÓN". To the left of the form, there is a blue octagonal icon with the number "8" inside.

Figura 5.9. Activity profundidades del suelo.

5.1.3.3.1. 1ra. Parte del código del archivo XML de la activity 8

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<RelativeLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    tools:context="com.example.josearturo.requerimientoderiego.DatosRepresentativos_Terreno">
    <ScrollView xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
        android:id="@+id/acrool"
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="match_parent"
        android:scrollbars="vertical">
        <LinearLayout
            android:id="@+id/LinearLayout_DatosRepresentativos_Terreno"
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="match_parent"
            android:orientation="vertical"
            android:gravity="center">
            <TextView
                android:gravity="center"
                android:layout_width="match_parent"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:text="Propietario:"
                android:id="@+id/Tv_Propietario_Terreno"
                android:layout_centerHorizontal="true"
                android:layout_marginTop="29dp" />
            <EditText
                android:gravity="center"
                android:inputType="text"
                android:hint=""
                android:layout_width="match_parent"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:id="@+id/Et_Propietario_Terreno"
                android:layout_alignParentLeft="true"
                android:layout_alignParentStart="true"
                android:layout_alignParentRight="true"
                android:layout_alignParentEnd="true" />
            <TextView
                android:gravity="center"
                android:layout_width="match_parent"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:text="Localidad:"
                android:id="@+id/Tv_Localidad_Terreno"
                android:layout_alignParentTop="true"
                android:layout_centerHorizontal="true"
                android:layout_marginTop="15dp" />
            <EditText
                android:gravity="center"
                android:layout_width="match_parent"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:inputType="text"
                android:hint=""
                android:id="@+id/Et_Localidad_Terreno"
                android:layout_alignParentLeft="true"
                android:layout_alignParentStart="true"
                android:layout_alignParentRight="true"
                android:layout_alignParentEnd="true" />
        </LinearLayout>
    </ScrollView>
</RelativeLayout>

```

5.1.3.3.2. 2da. Parte del código del archivo XML de la activity 8

```

<TextView
    android:gravity="center"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Ubicación (Domicilio):"
    android:id="@+id/Tv_Domicilio_Terreno"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:layout_marginTop="29dp" />
<EditText
    android:gravity="center"
    android:inputType="text"
    android:hint=""
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:id="@+id/Et_Domicilio_Terreno"
    android:layout_alignParentLeft="true"
    android:layout_alignParentStart="true"
    android:layout_alignParentRight="true"
    android:layout_alignParentEnd="true" />
<TextView
    android:gravity="center"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Latitud Norte:"
    android:id="@+id/Tv_LatitudNorte_Terreno"
    android:layout_marginTop="29dp" />
<EditText
    android:gravity="center"
    android:hint=""
    android:inputType="numberDecimal"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:id="@+id/Et_Latitud_Terreno" />
<TextView
    android:gravity="center"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Longitud Oeste:"
    android:id="@+id/Tv_Longitud"
    android:layout_marginTop="29dp" />
<EditText
    android:gravity="center"
    android:hint=""
    android:inputType="numberDecimal"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:id="@+id/Et_Longitud_Terreno" />

```

5.1.3.3.2.1. 3ra. Parte del código del archivo XML de la activity 8

```

<TextView
    android:gravity="center"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Altitud (msnm):"
    android:id="@+id/Tv_Altitud"
    android:layout_marginTop="29dp"/>

<EditText
    android:gravity="center"
    android:hint=""
    android:inputType="numberDecimal"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:id="@+id/Et_Altitud_Terreno"/>

<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_gravity="center"
    android:visibility="visible"
    android:orientation="vertical" >
    <Button
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="GUARDAR DATOS"
        android:id="@+id/Btn_GuardarDatos_Terreno"
        android:onClick="GuardarDatosTerreno"/>
    </Button>
</LinearLayout>
</LinearLayout>
</ScrollView>
</RelativeLayout>

```

5.1.3.4. Activity representativa al suelo del terreno

En realidad, la razón de la existencia de esta actividad es debido a la captura de los datos, en relación con la **Tabla 4.8**. Datos del suelo del terreno en donde se realiza la siembra del cultivo de trigo. Perteneciente al Capítulo IV. Segmentación de la propuesta del método unificado de optimización para el mejoramiento del cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado (Visualización de la Figura 5.10). La información mostrada en pantalla es fundamental capturarla en la app en relación con las distintas profundidades del suelo, para estimar el requerimiento de riego mensual acumulado de “x” cultivo.

Datos del suelo

Profundidad del suelo: 0-15 cm

Textura del suelo

Arcilloso

Capacidad de campo

0.0

Punto de marchitez permanente

0.0

Densidad aparente

0.0

CANCELAR ACEPTAR

Figura 5.10. Activity del suelo.

5.1.3.4.1. Código representativo a la activity 9

```

LayoutInflater inflater = LayoutInflater.from(Datos_Suelo_Terreno.this);
View promptView = inflater.inflate(R.layout.datosdelsuelo, null);
AlertDialog.Builder alertDialogBuilder = new AlertDialog.Builder(Datos_Suelo_Terreno.this);
alertDialogBuilder.setView(promptView);

String[] s = {"Arcilloso", "Arcilloso arenoso", "Arcilloso limoso", "Arenoso", "Franco",
"Franco arcilloso", "Franco arenoso -> suelos arenosos", "Franco arenoso -> suelos francos",
"Franco arenoso arcilloso", "Franco limoso", "Franco limoso arcilloso", "Limoso"};
final Spinner spinner_textura_suelo= (Spinner) promptView.findViewById(R.id.spinner);
ArrayAdapter<String> adaptador =new ArrayAdapter<String>(Datos_Suelo_Terreno.this,
R.layout.spinner_item_libre,s);
adaptador.setDropDownViewResource(android.R.layout.simple_spinner_dropdown_item);
spinner_textura_suelo.setAdapter(adaptador);

final EditText CC, FMP, DA, IS;
CC = (EditText) promptView.findViewById(R.id.Et_CC);
FMP = (EditText) promptView.findViewById(R.id.Et_FMP);
DA = (EditText) promptView.findViewById(R.id.Et_DA);

CC.setText(" " +Capacidad_Campo[conteo]);
FMP.setText(" " +Punto_MarchitezPermanente[conteo]);
DA.setText(" " +Densidad_Aparente[conteo]);

alertDialogBuilder.setCancelable(false);
alertDialogBuilder.setTitle("Profundidad del suelo: "+Profundidades_delsuelo[conteo]);
final int finalIndice = conteo;
alertDialogBuilder.setCancelable(false)
    .setPositiveButton("Aceptar", new DialogInterface.OnClickListener() {
        .setNegativeButton("Cancelar",
            new DialogInterface.OnClickListener() {
AlertDialog alert = alertDialogBuilder.create();
alert.show();

```

5.1.3.5. Desglose de las texturas del suelo de la actividad del suelo

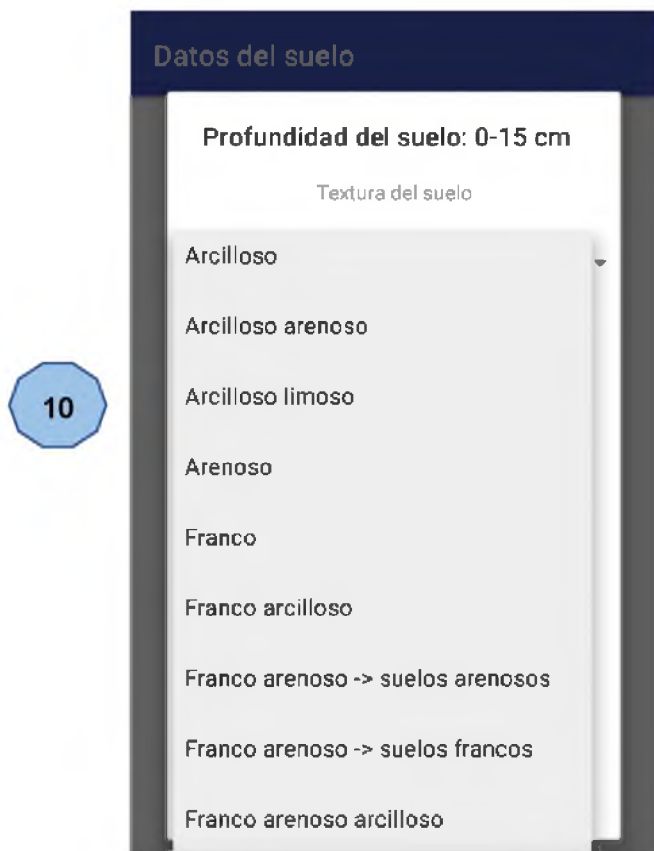


Figura 5.11. Texturas del suelo disponibles.

Capítulo V. PRUEBAS Y RESULTADOS

En la app (aplicación) desarrollada en la tesis, es posible seleccionar texturas del suelo de algún terreno dentro de la activity o pantalla, tal como se muestra en la Figura 5.10. Activity del suelo; de acuerdo con las clases texturales de suelos, según el USDA. [35]. Las cuales son visualizadas en un widget Spinner perteneciente a la activity del suelo. El desglose de la información previamente mencionada se muestra en la Figura 5.11. Texturas del suelo disponibles.

Tabla 5.1. Clases texturales de suelos, según USDA.
(Departamento de Agricultura de los Estados Unidos).

Nombres de los suelos	Clase textural
Suelos arenosos (textura gruesa)	Arenoso
	Franco arenoso
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	Franco arenoso
Suelos francos (textura mediana)	Franco
	Franco limoso
	Limoso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	Franco arcilloso
	Franco arenoso arcilloso
	Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	Arcilloso arenoso
	Arcilloso limoso
	Arcilloso

El sistema de clasificación de suelos de USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), es el más universalmente aceptado. (Triángulo textural, Figura 5.12). [36]; Mencionando que en la aplicación móvil “COMPU_JARV_AGRO” basado en Android, es posible seleccionar las clases texturales de suelos, según USDA en el transcurso de la interacción del usuario con la aplicación desarrollada de manera táctil o touch.

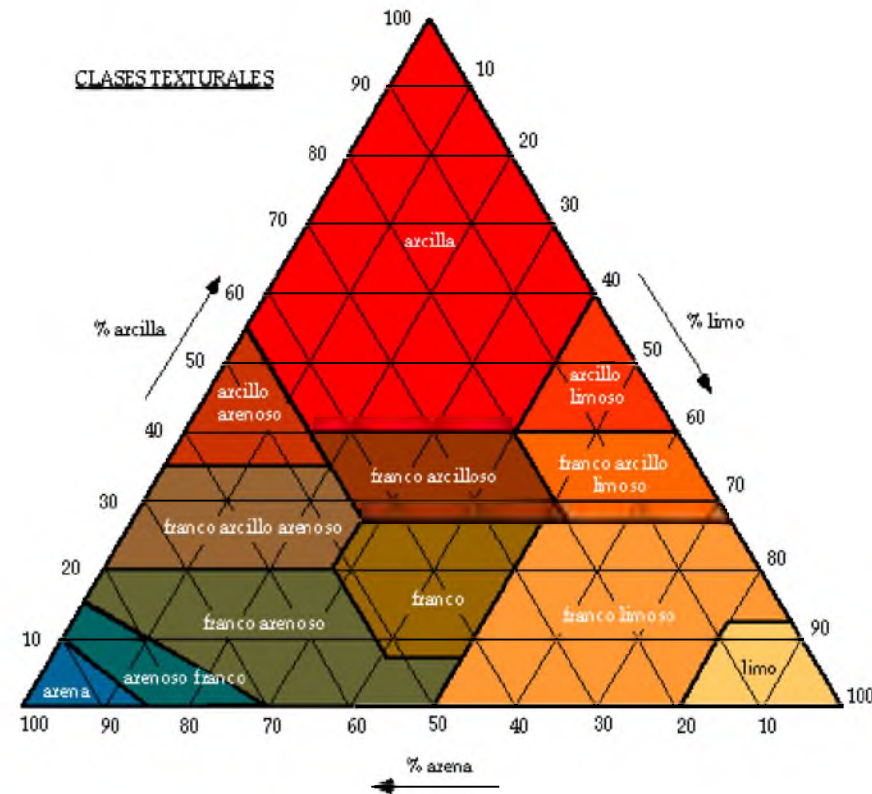


Figura 5.12. Triángulo de las clases texturales del suelo.

5.1.4. Activity de un menú de decisión

Ésta activity muestra 2 opciones como menú de decisión, en la cual existe la libertad de seleccionar cualquiera de ellas, ya sea para regresar a la activity principal o para modificar datos representativos del suelo del terreno en donde se realiza la siembra de “x” cultivo, a una profundidad específica (Visualización de la Figura 5.12).

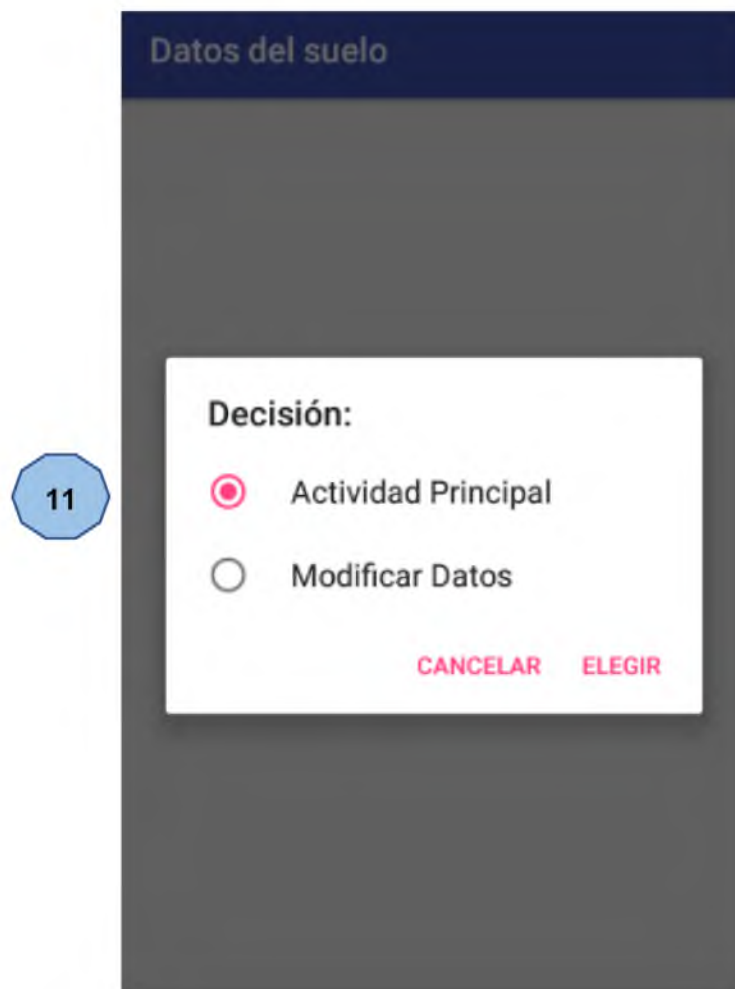


Figura 5.13. Activity menú de decisión.

Una opción existente es que en la activity secundaria sobrepuesta se escoja la opción de cancelar para volver a la pantalla transparente para el usuario en este momento.

5.1.4.1. Código representativo a la activity 11

```
private void Decision_Final(){
    AlertDialog.Builder Ventana =new AlertDialog.Builder(this);
    final int[] eleccion = {0};
    Ventana.setTitle("Decisión:");
    final CharSequence[] Elementos={"Actividad Principal","Modificar Datos"};
    Ventana.setCancelable(false);
    Ventana.setSingleChoiceItems(Elementos, 0, new DialogInterface.OnClickListener() {
        @Override
        public void onClick(DialogInterface dialog, int opcion) {
            eleccion[0] =opcion;
        }
    });
    Ventana.setPositiveButton("Elegir", new DialogInterface.OnClickListener() {
    Ventana.setNegativeButton("Cancelar", new DialogInterface.OnClickListener() {
    Ventana.show();
}
```

5.1.5. Activity del cultivo (1ra. Parte del widget Spinner deslizante, 12)

En esta activity se muestran varios cultivos disponibles almacenados en un widget (Spinner), mediante la ejecución de una petición con el lenguaje de programación de alto nivel java y SQL a SQLite (la base de datos para dispositivos móviles) (Visualización de la Figura 5.13).

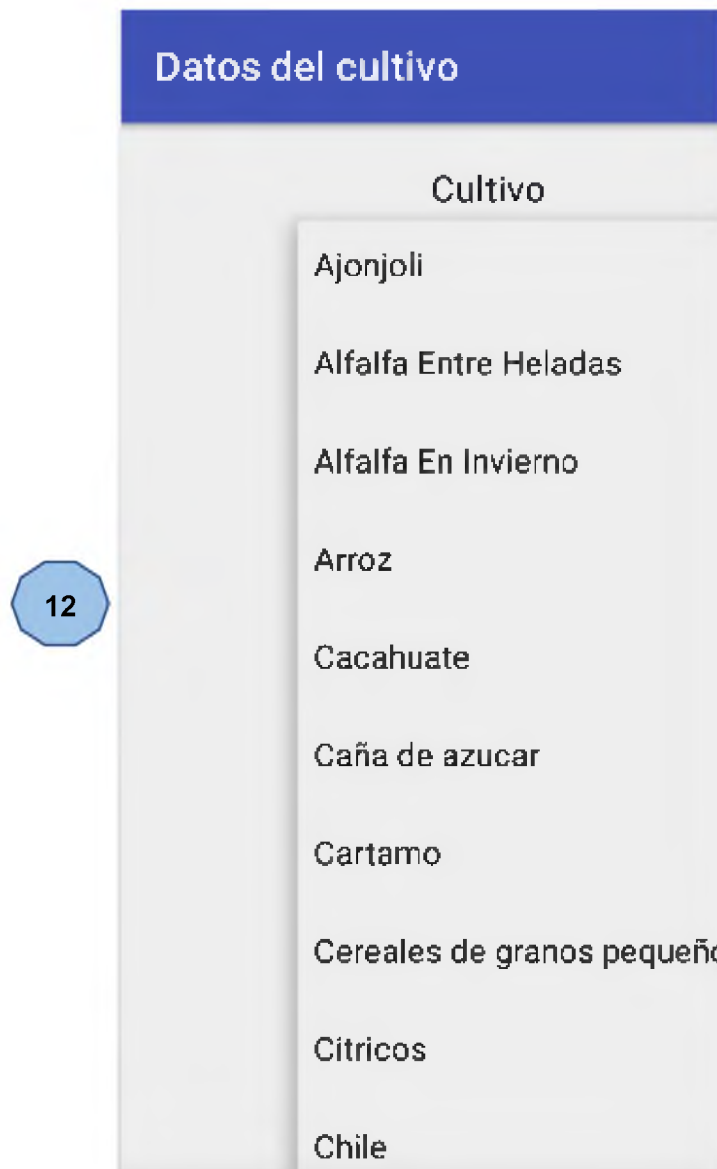



Figura 5.14. Activity Cultivo (1ra. Parte del Spinner deslizante).

5.1.6. Activity del cultivo (2da. Parte del widget Spinner deslizante, 13)

En esta activity se muestran varios cultivos disponibles almacenados en un widget (Spinner), siendo la continuación de la activity . (Visualización de la Figura 5.14).

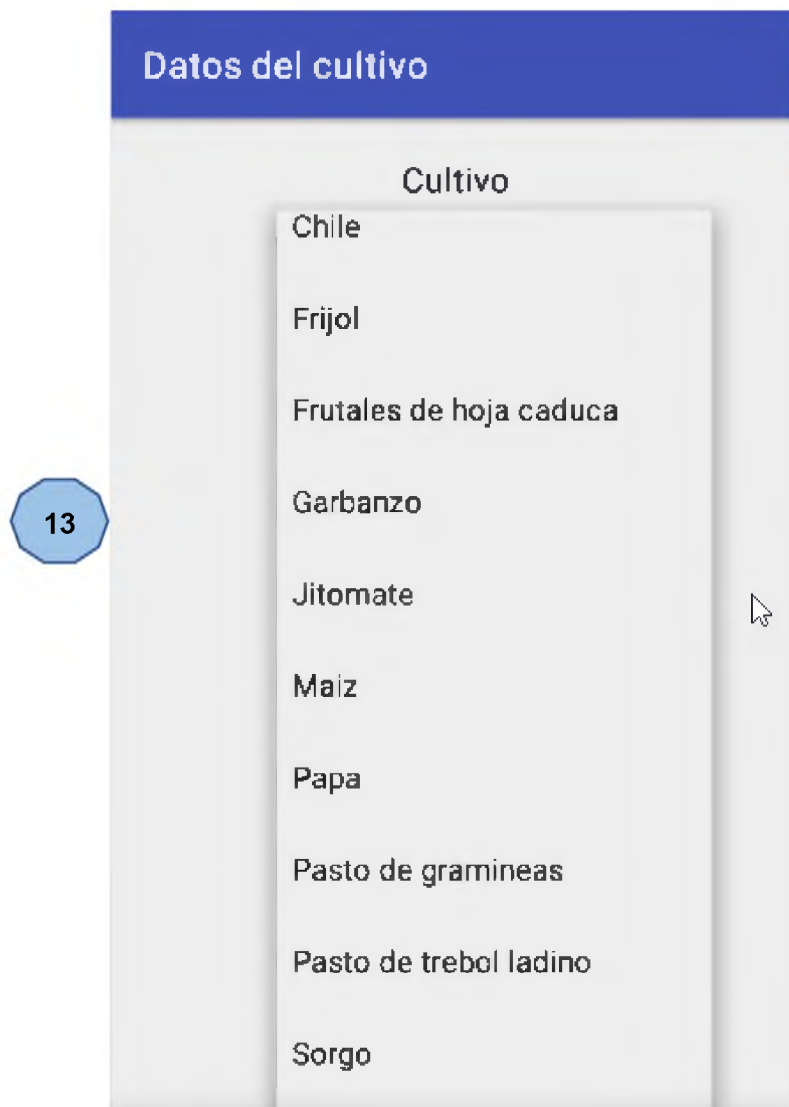


Figura 5.15. Activity Cultivo (2da. Parte del Spinner deslizante).

5.1.6.1. Código representativo a la activity 12 y 13

```
private void Default(){
    spNombreCultivo = (Spinner) findViewById(R.id.Sp_Cultivosa);
    spNombreCultivo.setOnItemClickListener(this);
    aaNombreCultivo=new ArrayAdapter<String>(this,R.layout.spinner_item_libre,
    GSQlite.ObtenerElementos_EleccionCultivo());
    GSQlite.close();
    aaNombreCultivo.setDropDownViewResource(android.R.layout.simple_spinner_dropdown_item);
    spNombreCultivo.setAdapter(aaNombreCultivo);
    this.ProcesarSeleccion_KG_Cultivo(1);
}
```

5.1.7. Activity del cultivo (Widgets Calendar, 14)

La visualización del widget aplicado es diferente de acuerdo con la versión de Android. La fecha de siembra y la fecha de cosecha conforman el ciclo vegetativo del cultivo y esto deriva que el algoritmo sea dinámico (es decir solo se involucra la información que se requiere durante todo el transcurso del proceso de cálculo) (Visualización de la Figura 5.15).

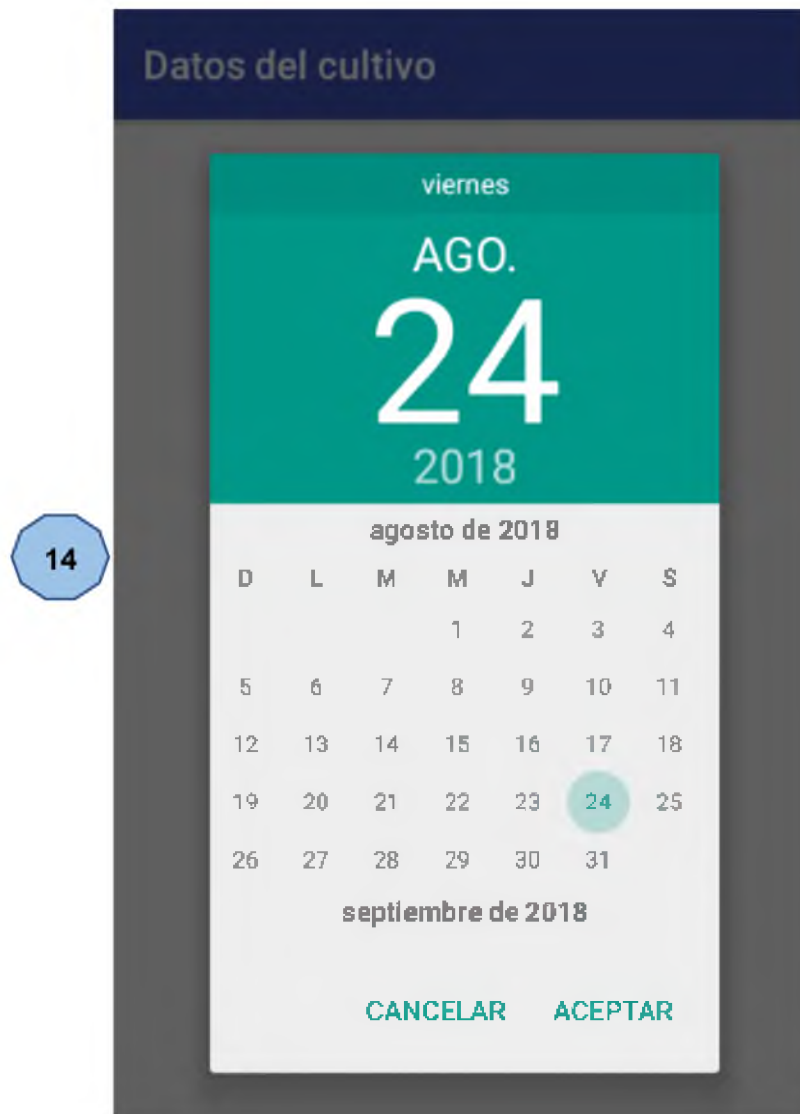


Figura 5.16. Activity Cultivo (Widgets Calendar).

5.1.7.1. Código representativo a la activity 14

```
DatePickerDialog.OnDateSetListener d_Siembra=new DatePickerDialog.OnDateSetListener() {  
  
    @Override  
    public void onDateSet(DatePicker view, int year, int monthOfYear, int dayOfMonth) {  
        calendario= Calendar.getInstance();  
        calendario.set(calendario.YEAR,year);  
        calendario.set(calendario.MONTH,monthOfYear);  
        calendario.set(calendario.DAY_OF_MONTH,dayOfMonth);  
        Fecha_Siembra=(dayOfMonth + "/" + (monthOfYear + 1) + "/" + year);  
        Actualizar_FechaSiembra();  
    }  
};  
  
public void Actualizar FechaSiembra() {  
  
public void Modificar FechaSiembra() {  
  
public void ObtenerFechaSiembra(View view) {
```

5.1.8. Activity del cultivo (Concentrado de información, 15)

Posterior al flujo de elecciones en la actividad cultivo (12-14), se llega a la visualización mostrada en la Figura 5.16.

The image shows a mobile application interface for 'Datos del cultivo'. It features a blue header with the title 'Datos del cultivo'. Below the header, there are several input fields: 'Cultivo' with a dropdown menu showing 'Cereales de' and 'Cebada y Trigo'; 'Periodo de Crecimiento' with a text input field containing '3 a 6 meses'; 'Fecha de siembra' with a date picker icon and the date '15/12/1994'; and 'Fecha de cosecha' with a date picker icon and the date '29/4/1995'. At the bottom, there is a button labeled 'AGREGAR INFORMACIÓN'. A blue octagonal callout bubble with the number '15' is positioned to the left of the 'Fecha de siembra' field.

Figura 5.17. Activity Cultivo (1ra. parte del caso requerido).

5.1.8.1. 1ra. Parte del código del archivo XML de la activity 15

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<ScrollView xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    android:id="@+id/scroll"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:scrollbars="vertical" >

    <LinearLayout
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_gravity="center"
        android:id="@+id/LinearLayout_A"
        android:visibility="visible"
        android:orientation="vertical" >

        <TextView
            android:id="@+id/Tv_NombreCultivo"
            android:textSize="18dp"
            android:textColor="#030105"
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginTop="50dp"
            android:layout_marginBottom="4dp"
            android:textAlignment="center"
            android:layout_alignParentBottom="true"
            android:layout_centerHorizontal="true"
            android:text="Cultivo"
            android:gravity="center"
            android:layout_gravity="center_horizontal"/>

        <Spinner
            android:id="@+id/Sp_Cultivos"
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_gravity="center_horizontal"
            android:layout_centerHorizontal="true"/>

        <TextView
            android:id="@+id/Tv_CerealesCP"
            android:textSize="18dp"
            android:textColor="#030105"
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginTop="15dp"
            android:layout_marginBottom="4dp"
            android:textAlignment="center"
            android:text=""
            android:layout_alignParentBottom="true"
            android:layout_centerHorizontal="true"
            android:gravity="center"
            android:layout_gravity="center_horizontal"/>
    
```

5.1.8.1.1. 2da. Parte del código del archivo XML de la activity 15

```

<TextView
    android:id="@+id/Tv_PC"
    android:textSize="18dp"
    android:textColor="#030105"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="15dp"
    android:layout_marginBottom="4dp"
    android:textAlignment="center"
    android:text="Periodo de Crecimiento"
    android:layout_alignParentBottom="true"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:gravity="center"
    android:layout_gravity="center_horizontal"/>

<EditText
    android:id="@+id/Et_PeriodoCrecimiento"
    android:textSize="18dp"
    android:textColor="#000dff"
    android:inputType="text"
    android:focusable="false"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="2dp"
    android:layout_marginBottom="4dp"
    android:layout_gravity="center"
    android:gravity="center"/>

<TextView
    android:id="@+id/Tv_FechaSiembra"
    android:textSize="18dp"
    android:textColor="#030105"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:layout_marginBottom="4dp"
    android:textAlignment="center"
    android:layout_alignParentBottom="true"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:text="Fecha de siembra"
    android:gravity="center"
    android:layout_gravity="center_horizontal"/>

<ImageButton
    android:id="@+id/IB_Calendario1"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:layout_marginBottom="2dp"
    android:layout_alignParentBottom="true"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:text="Fecha De Siembra"
    android:layout_gravity="center"
    android:onClick="ObtenerFechaSiembra"
    android:src="@drawable/calendar"/>

```

5.1.8.1.2. 3ra. Parte del código del archivo XML de la activity 15

```

<EditText
    android:id="@+id/Et_FS"
    android:hint=""
    android:textSize="18dp"
    android:textColor="#000dff"
    android:inputType="text"
    android:focusable="false"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="2dp"
    android:layout_marginBottom="4dp"
    android:layout_gravity="center"
    android:gravity="center"/>

<TextView
    android:id="@+id/Tv_FechaCosecha"
    android:textSize="18dp"
    android:textColor="#030105"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:layout_marginBottom="4dp"
    android:layout_alignParentBottom="true"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:layout_gravity="center"
    android:text="Fecha de cosecha"/>

<ImageButton
    android:id="@+id/IB_Calendario2"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:layout_marginBottom="2dp"
    android:layout_alignParentBottom="true"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:layout_gravity="center"
    android:text="Fecha De Cosecha"
    android:onClick="ObtenerFechaCosecha"
    android:src="@drawable/calendar"/>

<EditText
    android:id="@+id/Et_FC"
    android:hint=""
    android:textSize="18dp"
    android:textColor="#000dff"
    android:inputType="text"
    android:focusable="false"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="2dp"
    android:layout_marginBottom="4dp"
    android:layout_gravity="center"
    android:gravity="center"/>

```

5.1.8.1.3. 4ta. Parte del código del archivo XML de la activity 15

```
<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_gravity="center"
    android:id="@+id/Linearlayout_C"
    android:visibility="visible"
    android:orientation="vertical" >

    <Button
        android:id="@+id/BtnGuardarCultivo"
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginTop="10dp"
        android:text="Guardar Datos"
        android:onClick="GuardarDatos_Cultivo"
        android:layout_gravity="center_horizontal" />

</LinearLayout>

</LinearLayout>

</ScrollView>
```

5.1.9. Activity del cultivo (Ventana emergente, 16)

La presente activity deja a la visualización del usuario un rango de valores disponibles, en lo cual es posible ingresar un dato a la aplicación desarrollada, cierto dato capturado es de interés en el cálculo de la evapotranspiración real, correspondiente a la 1ra. Etapa del Diagrama de flujo generado. Para más información consultar el Capítulo IV. Segmentación de la propuesta del método unificado de optimización para el mejoramiento del cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado (Visualización de la Figura 5.17).

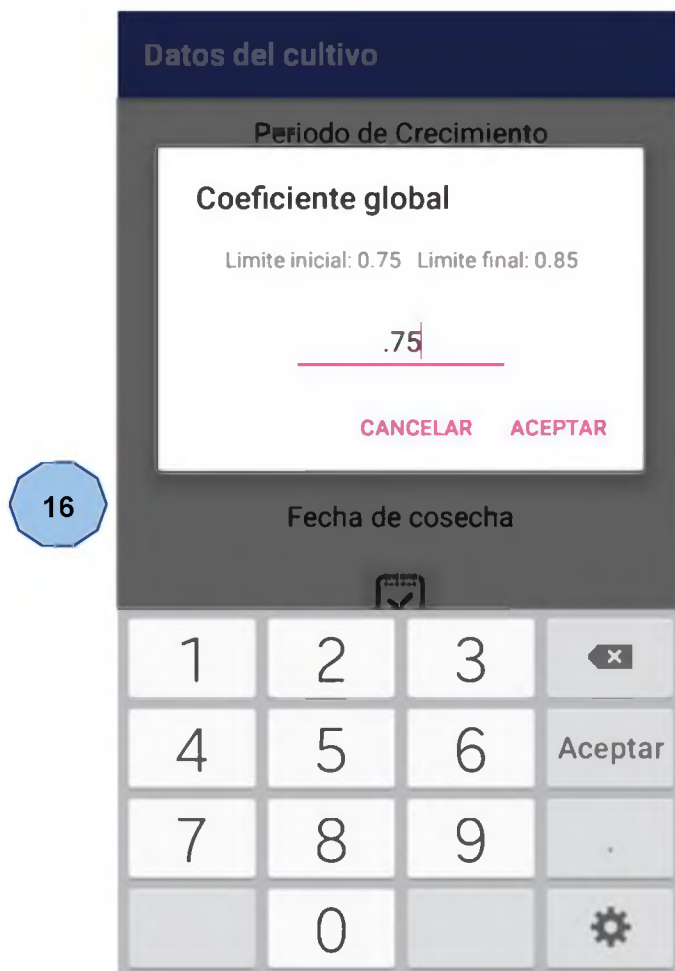


Figura 5.18. Activity Cultivo (2da. Parte del caso requerido).

5.1.9.1. Código representativo a la activity 16

```
LayoutInflater inflater = LayoutInflater.from(Datos_Cultivo.this);
View promptView = inflater.inflate(R.layout.eleccion_coeficienteglobal, null);
AlertDialog.Builder alertDialogBuilder = new AlertDialog.Builder(Datos_Cultivo.this);
alertDialogBuilder.setView(promptView);

final EditText Kg_cultivo;
final TextView RangosKG;
Kg_cultivo = (EditText) promptView.findViewById(R.id.Et_Kg_Requerido);
RangosKG = (TextView) promptView.findViewById(R.id.Ixtv_RangosKG);
RangosKG.setText("Limite inicial: " + LI_KG + " Limite final: " + LS_KG + "");
alertDialogBuilder.setTitle("Coeficiente global");

alertDialogBuilder.setCancelable(false)
    .setPositiveButton("Aceptar", new DialogInterface.OnClickListener() {
        .setNegativeButton("Cancelar",
            new DialogInterface.OnClickListener() {
AlertDialog alert = alertDialogBuilder.create();
alert.show();
```

5.1.10. Activity del cultivo (Concentrado de información, 17)

Los datos capturados en la aplicación móvil Android desarrollada se muestran en la presente activity. Destacando que con los datos del cultivo mostrados previamente se estiman los coeficientes periódicos mensuales, y están directamente relacionados con el cálculo de la evapotranspiración real, para más información consultar el Capítulo IV. Segmentación de la propuesta del método unificado de optimización para el mejoramiento del cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado (Visualización de la Figura 5.18).



Figura 5.19. Activity Cultivo (Información detallada).

5.1.10.1. 1ra. Parte del código del archivo XML de la activity 17

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<ScrollView xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    android:id="@+id/scroll"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:scrollbars="vertical" >
    <LinearLayout
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_gravity="center"
        android:id="@+id/LinearLayout_B"
        android:visibility="visible"
        android:orientation="vertical" >
        <TextView
            android:id="@+id/Tv_NombreCultivo_B"
            android:textSize="18dp"
            android:textColor="#030105"
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginTop="25dp"
            android:layout_marginBottom="4dp"
            android:textAlignment="center"
            android:layout_alignParentBottom="true"
            android:layout_centerHorizontal="true"
            android:text="Cultivo"
            android:gravity="center"
            android:layout_gravity="center_horizontal"/>
        <EditText
            android:id="@+id/Et_NombreCultivo_B"
            android:textSize="18dp"
            android:textColor="#000dff"
            android:inputType="text"
            android:focusable="false"
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginTop="2dp"
            android:layout_marginBottom="4dp"
            android:layout_gravity="center"
            android:gravity="center"/>
        <TextView
            android:id="@+id/Tv_PC_B"
            android:textSize="18dp"
            android:textColor="#030105"
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginTop="15dp"
            android:layout_marginBottom="4dp"
            android:textAlignment="center"
            android:text="Periodo de Crecimiento"
            android:layout_alignParentBottom="true"
            android:layout_centerHorizontal="true"
            android:gravity="center"
            android:layout_gravity="center_horizontal"/>
    
```

5.1.10.1.1. 2da. Parte del código del archivo XML de la activity 17

```

<EditText
    android:id="@+id/Et_PeriodoCrecimiento_B"
    android:textSize="18dp"
    android:textColor="#000dff"
    android:inputType="text"
    android:focusable="false"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="2dp"
    android:layout_marginBottom="4dp"
    android:layout_gravity="center"
    android:gravity="center"/>

<TextView
    android:id="@+id/Tv_KG_B"
    android:textSize="18dp"
    android:textColor="#030105"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="15dp"
    android:layout_marginBottom="4dp"
    android:textAlignment="center"
    android:text="Coeficiente global"
    android:layout_alignParentBottom="true"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:gravity="center"
    android:layout_gravity="center_horizontal"/>

<EditText
    android:id="@+id/Et_KG_B"
    android:textSize="18dp"
    android:textColor="#000dff"
    android:inputType="numberDecimal"
    android:focusable="false"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="2dp"
    android:layout_marginBottom="4dp"
    android:layout_gravity="center"
    android:gravity="center"/>

<TextView
    android:id="@+id/Tv_FechaSiembra_B"
    android:textSize="18dp"
    android:textColor="#030105"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:layout_marginBottom="4dp"
    android:textAlignment="center"
    android:layout_alignParentBottom="true"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:text="Fecha de siembra"
    android:gravity="center"
    android:layout_gravity="center_horizontal"/>

```

5.1.10.1.2. 3ra. Pate del código del archivo XML de la activity 17

```

<EditText
    android:id="@+id/Et_FS_B"
    android:textSize="18dp"
    android:textColor="#000dff"
    android:inputType="text"
    android:focusable="false"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="2dp"
    android:layout_marginBottom="4dp"
    android:layout_gravity="center"
    android:gravity="center"/>
<TextView
    android:id="@+id/Tv_FechaCosecha_B"
    android:textSize="18dp"
    android:textColor="#030105"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:layout_marginBottom="4dp"
    android:layout_alignParentBottom="true"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:layout_gravity="center"
    android:text="Fecha de cosecha"/>
<EditText
    android:id="@+id/Et_FC_B"
    android:textSize="18dp"
    android:textColor="#000dff"
    android:inputType="text"
    android:focusable="false"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="2dp"
    android:layout_marginBottom="4dp"
    android:layout_gravity="center"
    android:gravity="center"/>
<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_gravity="center"
    android:id="@+id/Linearlayout_C"
    android:visibility="visible"
    android:orientation="vertical" >
    <Button
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginTop="10dp"
        android:text="Actualizar datos"
        android:onClick="Envio_Informacion"
        android:layout_gravity="center_horizontal" />
</LinearLayout>
</LinearLayout>
</ScrollView>

```

5.1.11. 1ra. Parte del reporte generado (archivo con formato pdf) en la aplicación móvil “COMPU_JARV_AGRO” desarrollada

Fecha: 06/08/2018

Hora: 16:01:38

Estación Climatológica			
Nombre de la estación:		Localidad:	
desconocida		desconocida	
Periodo de Observación (Años):	Año inicial de observación :	Año final de observación :	Latitud Norte:
10	2000	2010	19.36
Longitud Oeste:		Altitud m.s.n.m. :	
98.09		2245.0	

Terreno				
Datos Geográficos	Propietario:	desconocido		
	Localidad:	xochimilco		
	Domicilio:	desconocido		
	Latitud Norte:	19.16		
	Longitud Oeste:	99.06		
	Altitud (msnm):	2245.0		
Datos del Suelo				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
00 - 15 cm	Franco arenoso arcilloso	27.73	16.11	1.65
15 - 30 cm	Franco arenoso arcilloso	28.71	16.7	1.55
30 - 60 cm	Franco arenoso -> suelos arenosos	18.4	10.61	1.56
60 - 90 cm	Franco arenoso -> suelos arenosos	18.73	9.22	1.56

Columna (1) = Profundidad del suelo

Columna (2) = Textura del suelo

Columna (3) = Capacidad de campo (decimal)

Columna (4) = Punto de marchitez permanente (decimal)

Columna (5) = Densidad aparente (adimensional)

Toda la captura de los datos del usuario en las actividades (activity's) de la aplicación Android implementada se guardan en una Base de datos SQLite. Los datos almacenados en SQLite se requieren para generar la entrega de resultados finales para el usuario en cualquier momento en un archivo en formato pdf. En realidad, el porcentaje de humedad de la capacidad de campo y el porcentaje de humedad del punto de marchitez permanente se expresa en la mayoría de los casos en decimales (del 1.0 al 100.0). La densidad aparente es adimensional porque se expresa de la siguiente manera: $\frac{\text{unidades de masa}}{\text{unidades de volumen}}$.

5.1.11.1. 2da. Parte del reporte generado (archivo con formato pdf) en la aplicación móvil “COMPU_JARV_AGRO” desarrollada

Cultivo		
Datos de siembra	Nombre del cultivo:	Cereales de granos pequeños
	Tipo de cultivo:	Anual
	Periodo de crecimiento:	3 a 6 meses
	Coefficiente global:	0.75
	Fecha de siembra:	15/12/1994
	Fecha de cosecha:	29/4/1995

Cereales de granos pequeños (Cebada, Trigo)

Entrega de Resultados						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Diciembre	12.6	2.15	0.52	0.895	0.375	0.375
Enero	12.0	1.32	0.896	4.629	3.733	4.108
Febrero	13.2	0.79	0.583	9.234	8.651	12.759
Marzo	16.1	0.58	0.49	14.535	14.045	26.804
Abril	17.3	0.05	0.037	10.133	10.096	36.9

Columna (1) = Meses (ciclo vegetativo)

Columna (2) = Temperatura °C

Columna (3) = Precipitación (cm)

Columna (4) = Precipitación efectiva mensual corregida (cm)

Columna (5) = Evapotranspiración real mensual (cm)

Columna (6) = Requerimiento de riego mensual (cm)

Columna (7) = Requerimiento de riego mensual acumulado (cm)

5.1.11.2. Código representativo a la visualización del archivo en formato pdf, generado en la aplicación móvil “COMPU_JARV_AGRO” desarrollada

```
private void Visualizar_PDF(String archivo, Context context){
    Toast.makeText(context, "Leyendo el Archivo", Toast.LENGTH_LONG).show();
    File archivo_capturado=new File(archivo);
    Intent envio= new Intent(Intent.ACTION_VIEW);
    envio.setDataAndType(Uri.fromFile(archivo_capturado), "application/pdf");
    envio.setFlags(Intent.FLAG_ACTIVITY_CLEAR_TOP);
    envio.setFlags(Intent.FLAG_ACTIVITY_NEW_TASK);
    try{
        context.startActivity(envio);
    }catch(ActivityNotFoundException e){
        Toast.makeText(context, "No tiene una app para abrir un archivo pdf", Toast.LENGTH_LONG).show();
    }
}
```

Capítulo VI. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

En el presente capítulo, se menciona todo lo relacionado con la tesis, enfocado a las tecnologías de la información para apoyar a ciertas áreas que lo requieran, mediante la implementación de algoritmos a realizar en cualquier lenguaje de programación que alguna persona domine o conozca.

6.1. Conclusiones

- Con la implementación del algoritmo se obtiene como valor resultante del cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado (cm) = 36.9; Sin embargo, basado en la explicación con mayor detalle en el Capítulo IV. Segmentación de la propuesta del método unificado de optimización para el mejoramiento del cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado, el valor resultante es = 36.807. Sin lugar a duda existe una mínima variación en los resultados antes mencionados, por lo tanto, el proceso de cálculo es correcto. Las variaciones se deben al redondeo en las cantidades resultantes, en el momento en que se realiza el cálculo de los indicadores del consumo de agua mensualmente.
- En la aplicación Android realizada para la presente tesis, existe la libertad de interactuar con diferentes actividades sin importar el orden; siendo el usuario libre de capturar la información de manera aleatoria, incluso modificar información almacenada de manera previa. De esta manera el usuario puede ejecutar y salirse de la aplicación Android en cualquier momento y los datos almacenados siempre estarán disponibles. Otra ventaja que presenta la aplicación es que se pueden almacenar “n” archivos en formato pdf en el dispositivo porque la fecha, la hora:minuto:segundo son diferentes. Destacando que el usuario podrá enviar la cantidad de archivos en formato pdf generados en la aplicación mediante el uso de los servicios disponibles en un Smartphone con sistema operativo Android (Facebook, Twitter, Correo, Whatsapp, entre otros servicios existentes en el dispositivo móvil del usuario).

- La tesis se enfocó en una pequeña parte del área del software abordando un tema en específico (el cálculo del requerimiento de riego mensual acumulado para el cultivo de trigo). No es definitivo, calcular el requerimiento de riego mensual acumulado de un determinado cultivo, por el método de (Blaney y Criddle) modificado por Phelan y el método de (Doorenbos y Pruitt). Sin embargo, aplicar los métodos sugeridos permitirá agilizar dicho cálculo. Si existe información más confiable y actualizada en lo que respecta a las tablas disponibles en [3;10] sustituirlos por los actuales en su momento.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda cuando se trate acerca del desarrollo de una aplicación para Smartphones con sistema operativo Android, consultar [7]; cuando se requiera el conocimiento acerca de Android es necesario consultar [17], en donde se trata el tema de Estudio y Desarrollo de Aplicaciones para dispositivos móviles Android.

6.3. Trabajo futuro

- Detección de la textura del suelo a través de la visión artificial en caso de ser posible, mediante un robot móvil, controlado con una aplicación para un sistema en específico.
- Diseñar una aplicación Android con métricas o estándares adecuados en caso de ser necesario.
- Implementación de una arquitectura orientada en servicios (cliente – servidor).
- Desarrollo de un sitio web para la consulta de información en tiempo real de la temperatura media mensual (°C) y de la precipitación media mensual (mm).
- Administración del proyecto, diagramas de clases y el lenguaje unificado de modelado (UML).

REFERENCIAS

[1] Azcón-Bieto, J. *et al.* Segunda edición, 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. McGRAW-HILL – INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. L. Pág. 25, 33 y 34. (Consultado en octubre del 2018). [Online] Recuperado de <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>.

[2] Natalia, O. F. Biólogo. 2013. Fotosíntesis. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Sistema de universidad virtual. Las páginas no tienen número. (Consultado en octubre del 2018). [Online] Recuperado de https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Lectura/bachillerato/documentos/2014/LECT110.pdf.

[3] Fierro, A. A. *et al.* Primera edición, 1998b. “Metodologías para determinar la evapotranspiración y el calendario de riego”. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. División Ciencias Biológicas Y De La Salud. México. Libro. Páginas 65.

[4] Sánchez, Y.J.A. 2008. (Consultado en enero del 2017). Cronografía. Cinco décadas del cómputo en México. [Online] Recuperado de <http://www.enterate.unam.mx/artic/2008/junio/art9.html>.

[5] Ortiz, G. Ing. F. R. 2010. Apuntes de la materia de: Fundamentos de computación “Evolución de las computadoras”. Facultad de Estudios Superiores Aragón. División de las ciencias Físico – Matemáticas y de las ingenierías. Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Pág. 1.

[6] Malave, P. K. *et al.* 2011. “Android” el sistema operativo de google para dispositivos móviles. *Negotium*. Vol. 7. Núm. 19. Pág. 79-96.

[7] Cañas, B. J. J. 2016. Desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android: "Politécnica Cuenca". Graduado en Ingeniería de Sistemas Audiovisuales de Telecomunicación. Escuela Politécnica de Cuenca. Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). España. Libro de tesis. Pág. 23.

[8] Lugo, M.F.M. *et al.* No se menciona el año en el documento. Construcción de un robot móvil controlado inalámbricamente por dispositivos con plataforma Android. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Libro de tesis. Pág. 5 y 6.

[9] Ponce, A. Ing. V. 2012. Activación multimodal de servicios en dispositivos móviles. Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional. México, Distrito Federal. México. Libro de tesis. Pág. 9.

[10] Fierro, A. A. *et al.* Primera edición, 1998a. Metodologías para el cálculo de la precipitación efectiva. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. División Ciencias Biológicas Y De La Salud. México. Libro. Páginas 26.

[11] Ruiz, R. E. *et al.* Hidrología aplicada. El año de publicación del documento no se visualiza. Tema 3: Evaporación y Transpiración. OCW. (Consultado en enero del 2018). [Online] Recuperado de https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/4574/mod_resource/content/1/Material_Docente/Tema_3-DEF.pdf. Apuntes de hidrología aplicada. Pág. 2.

[12] Estudio FAO riego y drenaje. Rome, 2006. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. ISSN 0254-5293. (Consultado en enero del 2017). [Online] Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/pdf/009/x0490s/x0490s.pdf>. Pág. 1,3 y 4.

[13] Gobierno de España. Ministerio de agricultura y pesca. Alimentación y medio ambiente. GEO PORTAL. (Consultado en el año 2017). Evapotranspiración real (Etr) media mensual. [Online] Recuperado de http://sig.mapama.es/Docs/PDFServiciosProd2/RECHID_ETR.pdf.

[14] Villeda, M. A. 2013. Zonificación Agroclimática De La Cuenca De México. Colegio de Postgraduados. Postgrado de hidrocencias. Montecillo, Texcoco, Edo. De México. México. Libro de tesis. Pág. 7.

[15] Mejora de la gestión de los recursos hídricos por medio de la integración de técnicas de teledetección y modelos de simulación. (Consultado en abril del 2018). Capítulo I: La evapotranspiración: concepto y métodos para su determinación. [Online] Recuperado de <https://www.economiaandaluza.es/sites/default/files/cap496.pdf>.

[16] Servín, P. M. *et al.* 2012, Sistema en línea para programación de riego de chile y frijol en Zacatecas. Folleto Usuario No. 42. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. 42p.

[17] Tapia, M. M. L 2013. Estudio y Desarrollo de Aplicaciones para dispositivos móviles Android. Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador. Ecuador. Libro de tesis. Pág. 23 y 24, Pág. 32-35.

[18] Publicación electrónica. Realizada el 4 de agosto del 2017 por Carlos Rodríguez Molina. (Consultado el 29 de abril del 2018). [Online] Recuperado de <https://www.tuexperto.com/2017/08/04/evolucion-de-android-desde-su-creacion-a-android-8-o/>.

[19] Página oficial de los desarrolladores Android (actividades de una aplicación Android). (Consultado el 29 de abril del 2018). [Online] Recuperado de <https://developer.android.com/guide/components/activities?hl=es-419>.

[20] Página oficial de los desarrolladores Android (Administración del ciclo de vida de una actividad). Consultado el 29 de abril del 2018. [Online] Recuperado de <https://developer.android.com/guide/components/activities?hl=es-419#Lifecycle>.

[21] Página web referente al ciclo de vida de una actividad en una aplicación Android. (Consultado el 29 de abril del 2018). [Online] Recuperado de <https://stories.devacademy.la/android-ciclo-de-vida-de-un-activity-b2a68c506961>.

[22] Rómmel, L. F. 2007. Revista. SQLite: La base de datos embebida. SG #17. Pág. 12 y 13.

[23] Martínez, H. E. 2013. Programación de Terminales Móviles. Maestría en Tecnologías Móviles y Negocios. Segundo Cuatrimestre. Morelia, Michoacán, México. Apuntes de clases: SQLite. Pág. 30.

[24] Página oficial de los desarrolladores Android [Entorno de desarrollo integrado (IDE) Android Studio]. (Consultado el 29 de abril del 2018). [Online] Recuperado de <https://developer.android.com/studio/intro/?hl=es-419>.

[25] Garay, C. MsC. O. B. 2007-2009. Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los andes centrales peruanos. Subproyecto Pronóstico estacional de lluvias y temperaturas en la cuenca del río Mantaro para su aplicación en la agricultura. Pág. 8.

[26] Pérez, C. G. E. Publicado el 28 de Septiembre del 2015. (Consultado en agosto del 2017). Como crear un archivo PDF desde Android. [Online] Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=dAUPhsyhuZY>.

[27] Gilfelt J. [jgiltfelt/android-sqlite-asset-helper](https://github.com/jgiltfelt/android-sqlite-asset-helper). (Consultado en el año 2017). [Online] Recuperado de <https://github.com/jgiltfelt/android-sqlite-asset-helper>.

[28] Gilfelt J. [jgiltfelt/android-sqlite-asset-helper](https://github.com/jgiltfelt/android-sqlite-asset-helper). (Consultado en el año 2017). [Online] Recuperado de <https://github.com/jgiltfelt/android-sqlite-asset-helper/blob/master/samples/database-v2-upgrade/src/main/java/com/example/MyDatabase.java>.

[29] C., Chapra Steven *et al.* 2003. Métodos numéricos para ingenieros. Cuarta edición. México. Capítulo 18. Interpolación: Interpolación lineal. Pág. 499 y 500.

[30] Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay. Agua en el suelo. Unidad de Hidrología. Depto. De Suelos y Aguas. Hoja 17 y 19 porque páginas no tiene. [Online] Recuperado de <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/paisajismo/AGUA%20EN%20EL%20SUELO.pdf>.

[31] Hernández, Ing. Fernando. Densidad aparente suelo o sustrato y su relación con los programas de fertilización y riego. (Consultado en febrero del 2018). [Online] Recuperado de http://www.agro-tecnologia-tropical.com/densidad_aparente.html.

[32] Torres, D. Ing. Agr. Martín (Tecnoagro S.R.L). Análisis de suelos: una herramienta clave para el diagnóstico de fertilidad de suelos y la fertilización de cultivos. (Consultado el 20 de noviembre del 2018). Publicación electrónica. [Online] Recuperado de <http://www.fertilizando.com/articulos/Analisis%20de%20Suelo%20-%20Herramienta%20Clave.asp>.

[33] Hídrico, Hidráulico e Hidrológico no son sinónimos. Publicado el 04 de febrero del 2011. (Consultado el 20 de noviembre del 2018). Publicación electrónica. [Online] Recuperado de <https://www.fundeu.es/recomendacion/hidricohidraulico-ehidrologico-no-son-sinonimos-43/>.

[34] Determinar si un año es bisiesto. (Consultado en abril del 2018). Publicación electrónica. [Online] Recuperado de <http://www.enrique7mc.com/2016/02/determinar-si-es-bisiesto/#prettyPhoto>.

[35] Página referente a la organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Información obtenida (Clases texturales de suelos, según el USDA). (Consultado en enero del 2018). [Online] Recuperado de http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm.

[36] Lección 4. Propiedades físicas. Clases texturales de suelos. La página web no tiene año ni autor. (Consultado el 31 de octubre del 2018). [Online] Recuperado de <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm>.