

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Desarrollo de Aplicación Móvil para Dosificación de Mezclas de  
Hormigón Aplicando el Método Volumétrico.**

**Proyecto Integrador**

**Alejandro Maximiliano Pérez Herrera**

**Ingeniería Civil**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito para  
la obtención del título de Ingeniería Civil

Quito, 06 de mayo de 2020

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

## **HOJA DE CALIFICACION DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Desarrollo de Aplicación Móvil para Dosificación de Mezclas de Hormigón  
Aplicando el Método Volumétrico.**

**Alejandro Maximiliano Pérez Herrera**

Nombre del profesor, Título académico

Gustavo Tapia Rosales, MDI

Quito, 06 de mayo de 2020

## **Derechos de Autor**

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Alejandro Maximiliano Pérez Herrera

Código: 00131191

Cédula de Identidad: 1716281173

Lugar y fecha: Quito, 06 de mayo de 2020

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres por estar presentes toda mi vida y ayudarme con su apoyo incondicional y ser las personas a quien más deseo seguir. A mi hermano Sebastián por ser una persona a quien siempre he querido que me vea como un ejemplo y que me ha motivado para ser un excelente modelo a quien seguir.

También quiero agradecer a mis profesores por apasionarme tanto por mi carrera y guiarme para fortalecer mis conocimientos todos los días. Gracias a ellos también he encontrado una de mis más grandes pasiones que es la programación aplicada a la ingeniería, esto me llevo, todos los días, a seguir leyendo y expandir mis conocimientos. Precisamente esto es lo que me motivó y permitió que realice este proyecto, que es solo el primero de muchos que planeo continuar en los años venideros.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mis padres por ser un gran ejemplo para mí y a mi hermano menor por motivarme a ser un modelo a seguir. Gracias a ellos me convierto en una mejor persona día a día. Gracias a los recursos que me han brindado mis padres también he logrado fortalecer mis conocimientos para hacerme una persona más culta y ser el hombre que me he convertido hoy.

## RESUMEN

El propósito de este trabajo de fin de carrera es la realización de una aplicación para celulares Android que realice los cálculos de dosificación de hormigón, según el método volumétrico, que consiste en sumar los volúmenes absolutos de los materiales para la mezcla de tal forma que resulte 1 metro cúbico. A su vez, se realiza un cambio iterativo de la cantidad de cemento inicial, buscando como objetivo que la suma de los resultados volumétricos, dé el volumen total deseado. La app consiste en una herramienta que determina las cantidades y proporciones necesarias de los materiales para realizar la mezcla de hormigón, los resultados posteriormente pueden imprimirse en un archivo PDF para ser compartido.

En este proyecto se utilizó Android Studio, que es un programa gratuito. propiedad de la empresa Google, para realizar la programación de aplicaciones en dispositivos Android. La aplicación se la realizó a través de la programación en lenguaje Java para los componentes lógicos y lenguaje xml para los componentes gráficos, el manifiesto y los permisos de administrador. En total se escribieron 7500 líneas de código aproximadamente para el funcionamiento de la app.

**Palabras claves:** Dosificación volumétrica, cementantes, aditivo, densidad aparente, Android Studio, Java, xml, pop-ups, SeekBar, Edit Text.

## ABSTRACT

The main purpose of this thesis, it is an Android systems program which performs the calculations for different types of concrete mixtures following the volumetric method. It consists of adding the absolute volumes of all its materials of the mixture, in such a way that it will be 1 cubic meter. It consists an iterative change of the initial cement quantity, seeking the sum of the volumetric results which gives the desired total volume. The app consists of a tool that determines the quantities, and proportions of the materials needed for the mixture. The final version will be printed in a PDF file to be shared.

Android Studio is a free program which was used in this project. The property of the company, Google, carry out the programming applications on Android devices. The application was written for the logical components through Java language, and for the graphic components through xml language. Approximately, around 7500 lines of code were written for the app.

**Key words:** Volumetric dosage, cementitious, additive, bulk density, Android Studio, Java, xml, pop-ups, SeekBar, Edit Text.

**TABLA DE CONTENIDO:**

<b>1.</b>	Introducción .....	12
<b>2.</b>	Desarrollo.....	13
<b>a.</b>	Marco Teórico .....	13
i.	Diagrama de flujo .....	13
ii.	Dosificación Volumétrica .....	14
<b>b.</b>	Android Studio .....	26
<b>c.</b>	Actividades.....	27
i.	MainActivity .....	27
ii.	Unidades .....	31
iii.	InfoTables .....	31
iv.	Resultados .....	32
v.	DatosAdicionales .....	35
vi.	PopParihuelas .....	37
vii.	ViewPDFActivity .....	38
<b>3.</b>	Conclusión .....	40
<b>4.</b>	Referencias Bibliográficas .....	41

## ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión. del concreto (Tabla A1.5.3.4(a)).....	14
Tabla 2. Relaciones agua/cemento máximas permisibles para concreto expuesto a. condiciones severas (Tabla A1.5.3.4(b)).....	14
Tabla 3. Requerimientos aproximados del agua de mezcla y del contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos de agregado (Tabla A1.5.3.3).....	15
Tabla 4. Características de Android Studio. ....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1. Condición de humedad de los áridos (Fig. 3.2.1) .....	18
Figura 2. Resultados de Dosificación en Volumen dentro de la Aplicación .....	19
Figura 3. Resultados de Dosificación en Masa dentro de la Aplicación .....	20
Figura 4. Resultados de Datos Adicionales de la Mezcla dentro de la Aplicación.....	21
Figura 5. Resultados de Diseño de la Mezcla para 1 m <sup>3</sup> dentro de la Aplicación.....	23
Figura 6. Representación de la parihuela y Recomendación de Densidad Aparente .....	24
Figura 7. SeekBar .....	28
Figura 8. Edit Text .....	28
Figura 9. Actividad MainActivity .....	30
Figura 10. Actividad Unidades .....	31
Figura 11. Actividad InfoTables .....	32
Figura 12. Actividad Resultados .....	34
Figura 13. Actividad DatosAdicionales (a) .....	36
Figura 14. Actividad DatosAdicionales (b) .....	36
Figura 15. Densidad aparente .....	37
Figura 16. Actividad PopParihuelas.....	38
Figura 17. Actividad ViewPDFActivity.....	39

## INTRODUCCIÓN

El programa que se realizó para este trabajo de fin de carrera, consiste en una aplicación para sistemas Android que realiza dosificación de hormigón a través del método volumétrico. La app fue realizada a través del programa Android Studio y se lo programó en lenguaje Java para los componentes lógicos y lenguaje xml para los componentes gráficos, el manifiesto y los permisos de administrador.

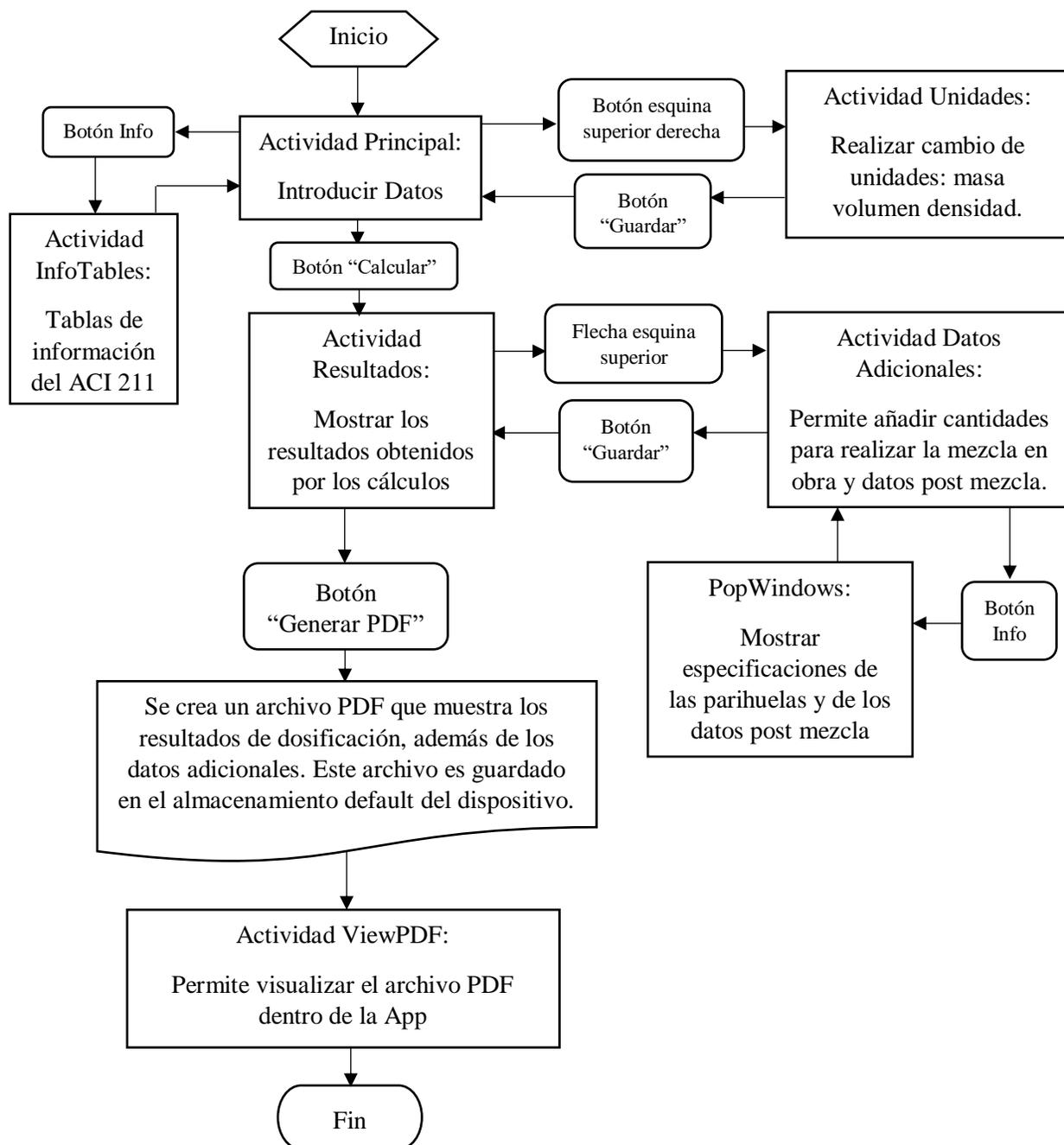
El programa está conformado por diferentes actividades:

- Introducir los datos generales y realizar los cálculos
- Mostrar los resultados y crear un archivo PDF con dichos resultados
- Visualizar dicho archivo y compartirlo a aplicaciones externas
- Cambiar las unidades antes de introducir los datos generales
- Mostrar tablas de información acerca de los datos a introducir
- Introducir datos adicionales al archivo PDF.

## DESARROLLO

## a. Marco Teórico

## i. Diagrama de Flujo



## ii. Dosificación Volumétrica

Para realizar los cálculos, el programa solicita como datos input la proporción, densidad SSD, absorción y humedad del ripio y arena respectivamente que se utilizarán en la mezcla. A su vez se introducen la relación Agua/Cemento que es el mejor indicador de la resistencia que tendrá. Esto se puede encontrar en la Tabla A1.5.3.4 del ACI 211.1 y la relación Agregado/Cemento que se recomienda un valor entre 2 y 6 (ACI Committee 211, 2002).

Tabla 1. Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión. del concreto (Tabla A1.5.3.4(a)). Fuente: ACI Committee 211, 2002.

**TABLE A1.5.3.4(a) — RELATIONSHIPS BETWEEN WATER-CEMENT RATIO AND COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE (SI)**

Compressive strength at 28 days, MPa*	Water-cement ratio, by mass	
	Non-air-entrained concrete	Air-entrained concrete
40	0.42	—
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.60
15	0.79	0.70

Tabla 2. Relaciones agua/cemento máximas permisibles para concreto expuesto a condiciones severas (Tabla A1.5.3.4(b)). Fuente: ACI Committee 211, 2002.

**TABLE A1.5.3.4(b) — MAXIMUM PERMISSIBLE WATER-CEMENT RATIOS FOR CONCRETE IN SEVERE EXPOSURES (SI)\***

Type of structure	Structure wet continuously or frequently and exposed to freezing and thawing†	Structure exposed to sea water or sulfates
Thin sections (railings, curbs, sills, ledges, ornamental work) and sections with less than 5 mm cover over steel	0.45	0.40†
All other structures	0.50	0.45†

A su vez se solicitan los valores de proporción entre sí de cemento, microsilica y fly-ash. También porcentaje de aditivo y agua en el aditivo, así como porcentaje de aire en la mezcla que se puede encontrar en la tabla A1.5.3.3 del ACI 211.1. Por último, también se pide las densidades de cemento, microsilica, fly-ash aditivo y del agua (ACI, 2002. Neville, 1995. Tyler 2010).

Tabla 3. Requerimientos aproximados del agua de mezcla y del contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos de agregado (Tabla A1.5.3.3). Fuente: ACI Committee 211, 2002.

**TABLE A1.5.33 — APPROXIMATE MIXING WATER AND AIR CONTENT REQUIREMENTS FOR DIFFERENT SLUMPS AND NOMINAL MAXIMUM SIZES OF AGGREGATES (SI)**

Slump, mm	Water, Kg/m <sup>3</sup> of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate							
	9.5*	12.5*	19*	25*	37.5*	50†*	75†‡	150†‡
Non-air-entrained concrete								
25 to 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 to 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 to 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
25 to 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 to 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 to 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Recommended average total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5****	1.0****
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5****	3.0****
Extreme exposure††	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5****	4.0****

El programa también permite introducir el volumen de concreto que se espera obtener, el que se calcula sumando la cantidad real del volumen solicitado con las cantidades de los cilindros (Cilindro 4x8 es de h=20cm, D=10cm y Cilindro 6x12 es de h=30cm, D=15cm) para las mezclas que se probarán en laboratorio y un porcentaje de pérdidas a considerar.

### *Volumen Total*

$$= (\%Perdidas + 1) * (Volumen\ ingresado + \#Cilindros_{4x8} * (\pi/4 * 10^2) * 20 + \#Cilindros_{6x12} * (\pi/4 * 15^2) * 30)$$

El programa realiza un análisis iterativo con la masa de cementante inicial de tal forma que se calculan las masas y volúmenes de arena, ripio, cemento, microsilica, fly-ash, aditivo y agua. La sumatoria de estos volúmenes debe ser igual al volumen deseado para la mezcla de hormigón que fue introducido con anterioridad.

Arena:

Para calcular la masa de arena se multiplicó su proporción por la masa del cementante inicial, por la relación agregado cemento y se le aumenta la corrección del porcentaje de humedad que tiene la arena.

$$M_{Arena} = \%Arena * M_{cementante\ inicial} * \left(\frac{R_{Agr}}{cem}\right) * (1 + \%Humedad_{Arena})$$

Para su volumen se toma la masa obtenida de la cantidad de arena y se lo divide para su densidad SSD.

$$V_{Arena} = \frac{M_{Arena}}{Densidad\ SSD_{Arena}}$$

Ripio:

Para calcular la masa de ripio se realizó el mismo proceso, esta vez multiplicando su proporción por la masa del cementante inicial, por la relación agregado cemento y se le aumenta la corrección de su respectivo porcentaje de humedad.

$$M_{Ripio} = \%Ripio * M_{cementante\ inicial} * \left(\frac{R_{Agr}}{cem}\right) * (1 + \%Humedad_{Ripio})$$

Para su volumen se tomó la masa de ripio obtenida y se lo divide para su densidad SSD.

$$V_{Ripio} = \frac{M_{Ripio}}{Densidad\ SSD_{Ripio}}$$

Cemento:

Para la masa de cemento se multiplicó su porcentaje a comparación de la microsílca y el fly-ash por el dato iterativo de masa del cementante inicial.

$$M_{Cemento} = \%Cemento * M_{cementante\ inicial}$$

Para su volumen se tomó la masa obtenida y se lo divide para su densidad.

$$V_{Cemento} = \frac{M_{Cemento}}{Densidad_{Cemento}}$$

Microsílca:

Para la masa de microsílca se multiplicó su porcentaje a comparación del cemento y el fly-ash por el dato iterativo de masa del cementante inicial.

$$M_{Microsilica} = \%Microsilica * M_{cementante\ inicial}$$

Para su volumen se tomó la masa obtenida y se lo divide para su densidad.

$$V_{Microsilica} = \frac{M_{Microsilica}}{Densidad_{Microsilica}}$$

Fly-ash:

Para la masa de fly-ash se multiplicó su porcentaje a comparación del cemento y la microsílca por el dato iterativo de masa del cementante inicial.

$$M_{Fly-Ash} = \%Fly - Ash * M_{cementante\ inicial}$$

Para su volumen se tomó la masa obtenida y se lo dividió para su densidad.

$$V_{Fly-Ash} = \frac{M_{Fly-Ash}}{Densidad_{Fly-Ash}}$$

Aditivo:

Para la masa de aditivo se multiplicó el porcentaje que se quiere adicionar a la mezcla por el dato iterativo de masa del cementante inicial.

$$M_{Aditivo} = \%Aditivo * M_{Cementante\ Inicial}$$

Para su volumen se tomó la masa obtenida y se lo divide para su densidad.

$$V_{Aditivo} = \frac{M_{Aditivo}}{Densidad_{Aditivo}}$$

Agua:

Para calcular la masa de agua se multiplicó la relación agua cemento por la masa de cementante inicial. Esto se lo sumó por la corrección de agua en los agregados, para lo cual se multiplica la masa de arena por la diferencia de su porcentaje de absorción, por su porcentaje de humedad y a su vez se lo suma por la multiplicación de la masa de ripio, por la diferencia de su porcentaje de absorción por su porcentaje de humedad. Esta corrección se debe a que los agregados tienen la capacidad de absorber agua de la mezcla, al igual que pueden tener un exceso de agua que adicionarle a la mezcla (ACI Committee E-701, 2016, Neville, 1995).

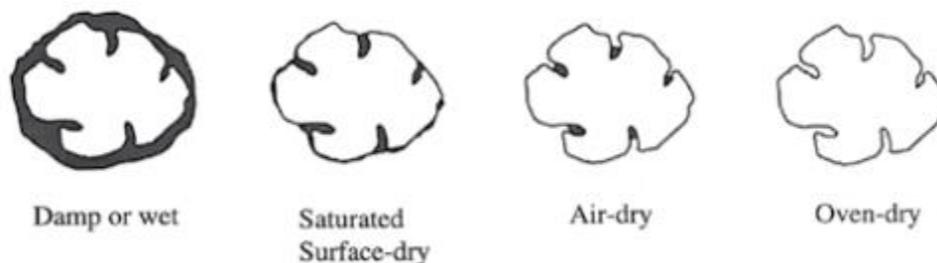


Figura 1. Condición de humedad de los áridos (Fig. 3.2.1). Fuente: ACI Committee E-701, 2016.

Por último, se agrega al total la corrección de agua en el aditivo multiplicando su porcentaje de agua por su masa.

$$M_{Agua} = \left( \frac{R_{Agua}}{cem} \right) * M_{Cementante\ Inicial} + M_{Arena} * (\%Abs_{Arena} - \%Hum_{Arena}) + M_{Ripio} \\ * (\%Abs_{Ripio} - \%Hum_{Ripio}) - \%Agua\ en\ el\ Aditivo * M_{Aditivo}$$

Para su volumen se tomó la masa obtenida y se lo dividió para su densidad.

$$V_{Agua} = \frac{M_{Agua}}{Densidad_{Agua}}$$

Cantidades totales:

A través de la suma de las masas y volúmenes obtenidos de los componentes se obtiene la masa total y el volumen total de la mezcla.

$$Batch\ Weight = M_{Arena} + M_{Ripio} + M_{Cemento} + M_{Microsilica} + M_{Fly-Ash} + M_{Aditivo} + M_{Agua}$$

*Batch Volume*

$$= V_{Arena} + V_{Ripio} + V_{Cemento} + V_{Microsilica} \\ + V_{Fly-Ash} + V_{Aditivo} + V_{Agua}$$

Cementante Inicial	
Cementante Inicial	10161.43 g
Resultados Dosificación en Masa	
Arena	8935.71 g
Ripio	16925.13 g
Cemento	9653.36 g
Microsilica	508.07 g
Fly Ash	0.00 g
Aditivo	203.23 g
Agua de Mezcla	5495.94 g
Batch Weight:	41721.44 g

Figura 2. Resultados de Cementante Inicial y Dosificación en Masa dentro de la Aplicación.  
Fuente: Android Studio, 2020.

Resultados Dosificación en Volumen	
Arena	3309.52 cm3
Ripio	6268.57 cm3
Cemento	3064.56 cm3
Microsilica	230.94 cm3
Fly Ash	0.00 cm3
Aditivo	189.93 cm3
Agua de Mezcla	5495.94 cm3
Batch Volume:	18559.46 cm3

Figura 3. Resultados de Dosificación en Volumen dentro de la Aplicación. Fuente: Android Studio, 2020.

A su vez, la aplicación entrega la cantidad de masa de agua en el aditivo multiplicando la masa de aditivo por el porcentaje de agua en el aditivo.

$$M_{\text{Agua en el Aditivo}} = M_{\text{Aditivo}} * \% \text{Agua en el Aditivo}$$

Datos Adicionales:

Se calculó el agua de corrección de la absorción sobre la humedad de los agregados para lo cual se suma la multiplicación de la masa de los agregados por la diferencia entre el porcentaje de absorción y el porcentaje de humedad de la arena y el ripio respectivamente.

$M_{\text{Agua de correccion por abs/hum}}$

$$= M_{\text{Arena}} * (\% \text{Abs}_{\text{Arena}} - \% \text{Hum}_{\text{Arena}}) + M_{\text{Ripio}} * (\% \text{Abs}_{\text{Ripio}} - \% \text{Hum}_{\text{Ripio}})$$

El volumen real se lo obtiene incrementando al volumen total de la mezcla el porcentaje de aire.

$$\text{Volumen Real} = \text{Batch Volume} * (1 + \% \text{Aire})$$

El volumen extra de aire se lo calcula restando el volumen real por el volumen total de la mezcla.

$$V_{Incremento\ de\ Aire} = Volumen\ Real - Batch\ Volume$$

La relación agua sobre cementante final se la calcula dividiendo la masa de agua para la diferencia de la masa de cemento con la masa de aditivo.

$$\frac{Agua}{Cemento\ final} = \frac{M_{Agua}}{M_{Cemento} - M_{Aditivo}}$$

Datos Adicionales de la Mezcla	
Agua en el Aditivo	142.26 g
Agua de Correccion por abs/hum	49.41 g
Aire en la Mezcla	371.19 cm3
Volumen Real	18930.65 cm3
Agua/Cementante Final	0.582
Densidad Teórica	2203.91 kg/m3

Figura 4. Resultados de Datos Adicionales de la Mezcla dentro de la Aplicación. Fuente: Android Studio, 2020.

La densidad teórica de la mezcla se la obtiene a través de la suma de las densidades individuales de cada uno de los componentes, como se explica más adelante.

Volumen:

Se adiciona una tabla mostrando las cantidades de masa y volumen de cada uno de los componentes que conforman la mezcla por cada 1 m<sup>3</sup>. Para obtener el volumen se divide el volumen de cada uno de los materiales para el volumen real de la mezcla:

$$V_{Arena\ por\ m3} = \frac{V_{Arena}}{Volumen\ Real}$$

$$V_{Ripio\ por\ m3} = \frac{V_{Ripio}}{Volumen\ Real}$$

$$V_{Cemento \text{ por } m^3} = \frac{V_{Cemento}}{Volumen \text{ Real}}$$

$$V_{Microsilica \text{ por } m^3} = \frac{V_{Microsilica}}{Volumen \text{ Real}}$$

$$V_{Fly-Ash \text{ por } m^3} = \frac{V_{Fly-Ash}}{Volumen \text{ Real}}$$

$$V_{Aditivo \text{ por } m^3} = \frac{V_{Aditivo}}{Volumen \text{ Real}}$$

$$V_{Agua \text{ por } m^3} = \frac{V_{Agua}}{Volumen \text{ Real}}$$

$$V_{Aire \text{ por } m^3} = \frac{V_{Incremento \text{ de } Aire}}{Volumen \text{ Real}}$$

El volumen total se lo calcula sumando el volumen de cada uno de los componentes, el resultado debe ser 1 m<sup>3</sup>.

$$V_{Total} = V_{Arena \text{ por } m^3} + V_{Ripio \text{ por } m^3} + V_{Cemento \text{ por } m^3} + V_{Microsilica \text{ por } m^3} + V_{Fly-Ash \text{ por } m^3} \\ + V_{Aditivo \text{ por } m^3} + V_{Microsilica \text{ por } m^3}$$

Masa:

Para obtener la masa por cada m<sup>3</sup> o, en otras palabras, la densidad de los componentes que conforman la mezcla, se debe multiplicar los volúmenes por cada m<sup>3</sup> de mezcla obtenidos con anterioridad, por la densidad respectiva de cada uno de los componentes, como se muestra a continuación.

$$M_{Arena \text{ por } m^3} = V_{Arena \text{ por } m^3} * Densidad \text{ SSD}_{Arena} \quad [kg/m^3]$$

$$M_{Ripio \text{ por } m^3} = V_{Ripio \text{ por } m^3} * Densidad \text{ SSD}_{Ripio} \quad [kg/m^3]$$

$$M_{\text{Cemento por m}^3} = V_{\text{Cemento por m}^3} * \text{Densidad}_{\text{Cemento}} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$M_{\text{Microsilica por m}^3} = V_{\text{Microsilica por m}^3} * \text{Densidad}_{\text{Microsilica}} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$M_{\text{Fly-Ash por m}^3} = V_{\text{Fly-Ash por m}^3} * \text{Densidad}_{\text{Fly-Ash}} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$M_{\text{Aditivo por m}^3} = V_{\text{Aditivo por m}^3} * \text{Densidad}_{\text{Aditivo}} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$M_{\text{Agua por m}^3} = V_{\text{Agua por m}^3} * \text{Densidad}_{\text{Agua}} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$M_{\text{Aire por m}^3} = V_{\text{Aire por m}^3} * \text{Densidad}_{\text{Aire}} \quad [\text{kg/m}^3]$$

La sumatoria de las densidades que se obtuvo con anterioridad otorga la densidad teórica.

#### Densidad Teórica

$$= M_{\text{Arena por m}^3} + M_{\text{Ripio por m}^3} + M_{\text{Cemento por m}^3} + M_{\text{Microsilica por m}^3} \\ + M_{\text{Fly-Ash por m}^3} + M_{\text{Aditivo por m}^3} + M_{\text{Microsilica por m}^3}$$

Diseño para 1 m <sup>3</sup>		
	Volumen	Masa [kg]
Arena	0.1748	472.02
Ripio	0.3311	894.06
Cemento	0.1619	509.93
Microsilica	0.0122	26.84
Fly Ash	0.0000	0.00
Aditivo	0.0100	10.74
Agua de Mezcla	0.2903	290.32
Aire	0.0196	0.00
Total:	1.0000	2203.91

Figura 5. Resultados de Diseño de la Mezcla para 1 m<sup>3</sup> dentro de la Aplicación. Fuente: Android Studio, 2020.

El programa también es capaz de determinar en unidades de parihuelas, sacos y envases los componentes que se deben ingresar para la mezcla. Para ello, primero se pide ingresar las

dimensiones de la parihuela con lo cual se calcula su volumen. Seguido, el usuario debe ingresar la densidad aparente de los agregados.

En este caso, la densidad aparente se define como la masa de los agregados sin compactar en la parihuela dividida por el volumen que ocupa. Se recomienda un valor entre 1200 a 1760 kg/m<sup>3</sup> según la norma (ACI Committee E-701, 2016).

El programa permite que se creen dos tipos de parihuelas, una para el contenido de arena y otra para el contenido de ripio, de esta forma el usuario puede cambiar las dimensiones y la densidad aparente de cada una.

Para obtener el número de parihuelas de arena se dividió la masa necesaria de arena para su densidad aparente y el volumen de la parihuela. De la misma forma, para obtener el número de parihuelas de ripio se dividió la masa necesaria de ripio para su densidad aparente y el volumen de la parihuela.

$$\#Parihuelas_{Arena} = \frac{M_{Arena}}{Densidad\ Aparente_{Arena} * V_{Parihuela_{Arena}}}$$

$$\#Parihuelas_{Ripio} = \frac{M_{Ripio}}{Densidad\ Aparente_{Ripio} * V_{Parihuela_{Ripio}}}$$



Figura 6. Representación de la parihuela y Recomendación de Densidad Aparente. Fuente: Android Studio, 2020.

Además, el usuario puede ingresar la capacidad de los sacos de cemento en kg y del volumen de los envases para el agua y el aditivo en L. Con estos valores se determinan las unidades de sacos y envases que se utilizarán para agregar los componentes a la mezcla, dividiendo las masas necesarias de los componentes, para las masas que existen en los respectivos sacos y envases.

$$\# \text{ Sacos}_{\text{Cemento}} = \frac{M_{\text{Cemento}}}{M_{\text{Saco Cemento}}}$$

$$\# \text{ Sacos}_{\text{Microsilica}} = \frac{M_{\text{Microsilica}}}{M_{\text{Saco Microsilica}}}$$

$$\# \text{ Sacos}_{\text{Fly-Ash}} = \frac{M_{\text{Fly-Ash}}}{M_{\text{Saco Fly-Ash}}}$$

$$\# \text{ Vasos}_{\text{Aditivo}} = \frac{V_{\text{Aditivo}}}{V_{\text{Vaso Aditivo}}}$$

$$\# Balde_{Agua} = \frac{V_{Agua}}{V_{Balde\ Agua}}$$

Por último, el programa también da la opción de añadir datos adicionales del procedimiento del trial batch para obtener mejores resultados en una siguiente dosificación con similares características. Es posible incluir datos como el ahorro de agua, la cantidad de agua adicional que fue colocada, la cantidad adicional del aditivo, la consistencia de la mezcla, cuál fue su asentamiento (ASTM C143, 2017), la densidad (ASTM C138, 2017), el contenido de aire a través del método de presión (ASTM C 231, 2017) y la temperatura del hormigón recién mezclado (ASTM C1064, 2017). Además, la aplicación calcula el rendimiento de la mezcla (ASTM C138) que se lo obtiene dividiendo la masa total de la mezcla para la densidad teórica.

$$Rendimiento = \frac{Batch\ Weight}{Densidad\ Teórica}$$

También se puede añadir cualquier otra nota que el usuario vea conveniente.

#### **b. Android Studio:**

Es el entorno de desarrollo integrado oficial para la plataforma Android, desarrollado por Google. Está disponible para descargar en sistemas operativos en Windows, macOS y Linux. Desde el 7 de mayo de 2019, Kotlin es el lenguaje preferido por Google para el desarrollo de aplicaciones de Android, sin embargo, también es compatible con Java y C++. En este proyecto se utilizó el lenguaje de Java para el desarrollo de la aplicación (Android Studio, 2020).

Para realizar la programación de los elementos gráficos, se utilizó XML (eXtensible Markup Language) que es un lenguaje basado en etiquetas descriptivas por cada componente que se use, y que es similar al lenguaje HTML. Cada elemento utiliza un formato de etiqueta inicial, envuelta por paréntesis angulares de la siguiente forma <elemento>[contenido]</elemento>.

Entre sus características generales están:

Tabla 4. Características de Android Studio. Fuente: Android Studio, 2020.

<b>Características de Android Studio:</b>
Herramientas para poder detectar el rendimiento y compatibilidad de versiones.
Diferentes planillas para crear diseños comunes de aplicaciones.
Editor de diseño con componentes comunes que permite al usuario arrastrarlos de forma interactiva en lugar de llenar líneas de código.
Pantalla múltiple en la edición del código XML para previsualizar el diseño gráfico de la app.
Capacidad de las líneas de código en adaptarse dinámicamente según se cambia el editor de diseño y viceversa.
Capacidad para incorporar servicios de Google como Google Maps y bases de datos basadas en la nube.
Capacidad de utilizar dispositivos virtuales como físicos para ejecutar, instalar y depurar aplicaciones.
Servicio para solucionar errores, capaz de marcar la línea que produce el error, que tipo de error se está produciendo y en ciertos casos una posible solución.

### **c. Actividades**

#### **i. MainActivity**

En la actividad MainActivity se realizó un diseño simple, que el usuario pueda usar con facilidad, para introducir los valores necesarios. Se utilizó diferentes elementos *Edit Text* y *SeekBar* y botones para que automaticen la realización de los cálculos.

SeekBar:



Figura 7. SeekBar. Fuente: Android Studio, 2020.

Edit Text:



Figura 8. Edit Text. Fuente: Android Studio, 2020.

En la primera actividad, se realizaron los cálculos de dosificación para lo que se cambiaron los valores en los editores de texto de `String` y los valores `int` provenientes de los elementos `SeekBar` a `double` a través del método `Double.valueOf()` como se muestra en la siguiente línea (Heaton, 2008):

```
double nombre = Double.valueOf(valor String o int).
```

Mediante el botón, `Calcular Volumen Total`, el usuario puede ingresar el volumen necesario, el número de cilindros para laboratorio y las pérdidas a considerar para que el programa calcule el valor del volumen total que se utilizará en los siguientes cálculos. Cabe mencionar que este valor se escribe en un elemento *EditText* permitiéndole al usuario introducirlo de forma manual si él lo desea.

A pesar de que los cálculos se pueden realizar en la siguiente actividad, en este caso se decidió hacerlos en el paso inicial, de tal forma que se convirtió los valores introducidos a `double`, se realizaron los cálculos que fueron explicados con anterioridad en este documento y fueron enviados a la actividad `Resultados` como valores `String`.

Para realizar el cambio de actividad, se utiliza el objeto `Intent` que solicita una acción de otro componente de una app y también sirve para enviar información de una actividad a otra. Tal como se muestra en las siguientes líneas de código (Hohensee 2014):

```
Intent intent = new Intent(this, DatosAdicionales.class);
```

Donde `Intent` es la invocación del objeto, `intent` el nombre específico que se le otorgó seguido por `new Intent(this, "nombre de la clase que se va a invocar".class)`.

Para enviar los datos `String` de una actividad a otra se utilizó la siguiente línea:

```
intent.putExtra("path", pdfFile.getAbsolutePath());
```

Donde “path” es la palabra clave que se le otorgo al String y pdfFile.getAbsolutePath() es el valor que se desea enviar (Hohensee 2014).

Con ayuda del método startActivity() se invocó a la clase Resultados.

```
startActivity(intent);
```

Con estos métodos, el usuario puede invocar la actividad Unidades con el botón ubicado en la parte superior derecha de la pantalla, la Actividad InfoTables a través de los botones con el ícono de información y a la actividad Resultados con el botón llamado Calcular.

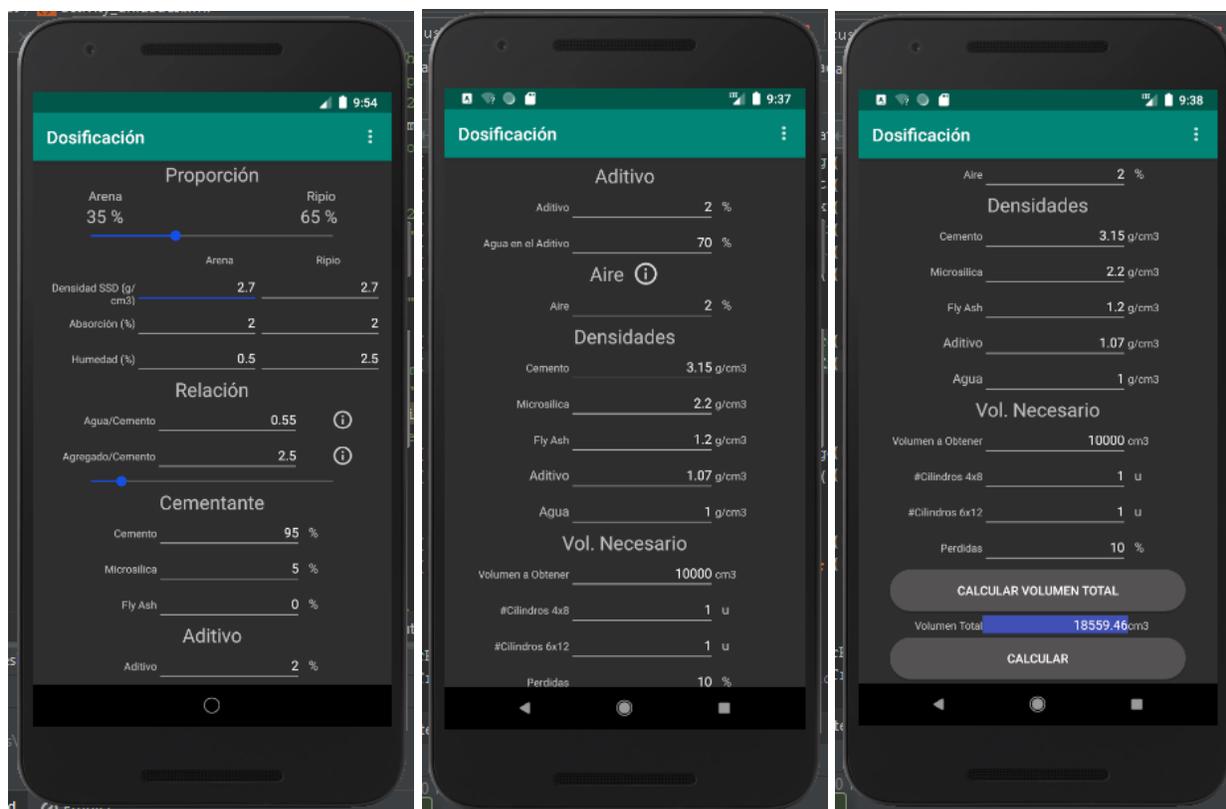


Figura 9. Actividad MainActivity. Fuente: Android Studio, 2020.

## ii. Unidades

Para ingresar a la actividad Unidades, se debe presionar el botón ubicado en la parte superior derecha de la actividad MainActivity. Esta actividad consiste en 3 elementos, Spinner que tiene el objetivo de convertir las unidades de masa, volumen, y densidad de g a kg, cm<sup>3</sup> a m<sup>3</sup> y g/cm<sup>3</sup> a kg/m<sup>3</sup> respectivamente como desee el usuario. Incluye un botón llamado Guardar que guarda las unidades que determine el usuario y regresa a la actividad MainActivity.

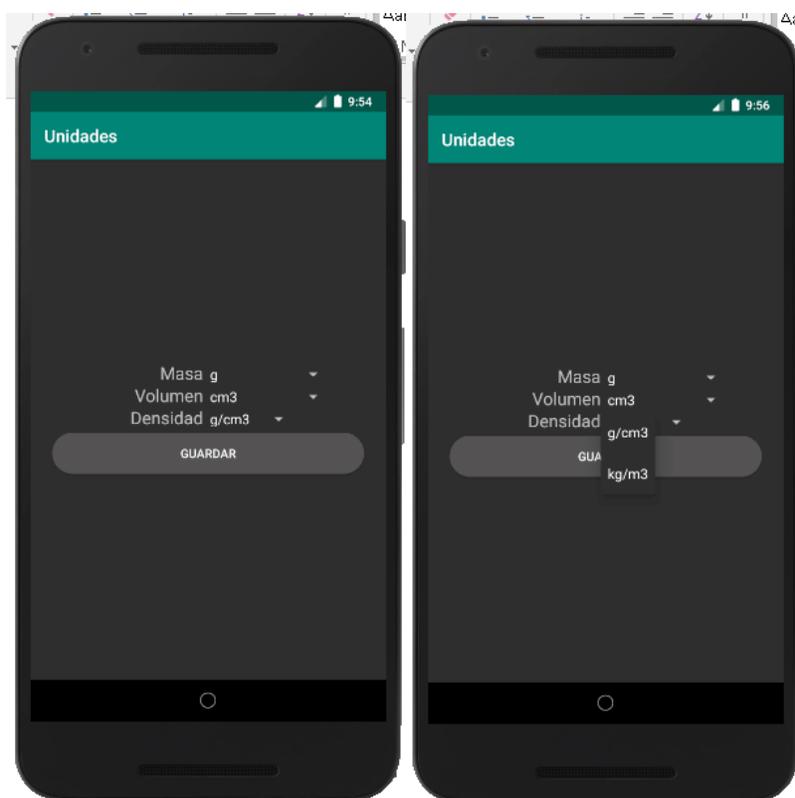


Figura 10. Actividad Unidades. Fuente: Android Studio, 2020.

## iii. InfoTables

InfoTables es una actividad con pantalla adaptable que es capaz de mostrar las tablas de información obtenidas del ACI. El primer botón Info de la actividad MainActivity abre la actividad

en forma vertical y muestra dos tablas sobre cómo obtener la relación agua/cemento en base a la resistencia del hormigón esperada, esta se encuentra en las tablas A1.5.3.4 del ACI 211.1. El segundo botón abre la actividad en forma horizontal, que indica cómo obtener el porcentaje de aire en la mezcla, esta es la tabla A1.5.3.3 del ACI 211.1 (ACI Committee 211, 2002).



Para la recepción de los valores String de la primera actividad a la segunda, se utilizó el método `getIntent().getStringExtra("path")` donde "path" es la clave que se le otorgó al valor enviado desde otra clase (Hohensee, 2014).

```
String nombre = getIntent().getStringExtra("path");
```

En la parte superior derecha de la actividad Resultados se puede encontrar un botón de una flecha, que apunta hacia la derecha, que activa una animación, que lleva a otra actividad con el nombre de DatosAdicionales.

Al final de la actividad Resultados se encuentra el botón Generar PDF que provoca que el programa cree un archivo PDF con el título `Dosificacion_yyyyMMdd_HHmms.pdf` donde yyyy es el año, MM el mes, dd el día, HH la hora, mm los minutos y ss los segundos en que fue creado. Este archivo fue guardado en la carpeta `Dosificacion_PDF` que se encuentra ubicada en los archivos del dispositivo, ya sea en la tarjeta de memoria o en el almacenamiento interno, dependiendo de la configuración default del dispositivo. Para crear este archivo fue necesario otorgarle permisos de administrador permitiéndole al celular acceder a las carpetas de memoria y crear más carpetas y archivos dentro de estas. Para ello, se utilizó el archivo `AndroidManifest.xml`. Para otorgar estos permisos se utilizaron las siguientes líneas de código, así como los permisos de proveedor (J, 2018. Martines, 2017. Peralte, 2019).

```
<uses-permission android:name="android.permission.WRITE_EXTERNAL_STORAGE"/>
```

```
<uses-permission android:name="android.permission.READ_EXTERNAL_STORAGE"/>
```

```
<application
```

```
.....
```

```
android:requestLegacyExternalStorage="true"
```

```

.....
</application>

<provider

    android:name="androidx.core.content.FileProvider"

    android:authorities="app.ingcivil.dosificacion.fileprovider"

    android:exported="false"

    android:grantUriPermissions="true">

    <meta-data

        android:name="android.support.FILE_PROVIDER_PATHS"

        android:resource="@xml/file_paths"></meta-data>

    </provider>

```

El botón Generar PDF, a su vez, abre otra actividad dentro de la App llamada ViewPDFActivity que permite al usuario visualizar el archivo PDF (J, 2018. Martines, 2017. Peralte, 2019).

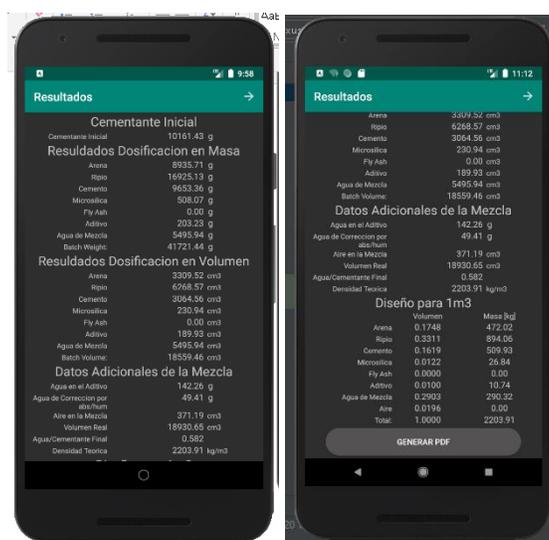


Figura 12. Actividad Resultados. Fuente: Android Studio, 2020.

#### **v. DatosAdicionales:**

La actividad DatosAdicionales consiste en un elemento RadioGroup que posee tres diferentes RadioButton para que el usuario decida si quiere incluir al PDF las cantidades de obra de los materiales para la mezcla, los datos post mezcla o ambos. Las cantidades se las entrega en unidades según la capacidad de las parihuelas, sacos de cemento microsilica, Fly-Ash, envases de aditivo y baldes de agua. En los datos post mezcla se puede incluir información como la temperatura durante la mezcla, consistencia, asentamiento y notas adicionales.

Los botones de información en este caso abren una actividad PopupWindow, del mismo estilo de las que son utilizadas en otras aplicaciones, para mostrar publicidad. Sin embargo, en este caso muestra información acerca de cómo introducir los datos de las parihuelas.

Al final de la actividad está el botón de guardar para adicionar los datos al PDF que se genera en resultados. A su vez, se puede encontrar en la parte superior derecha un botón, representado por una flecha apuntando a la izquierda, la cual se puede utilizar para volver a la actividad de Resultados sin que se guarden los cambios para el PDF.

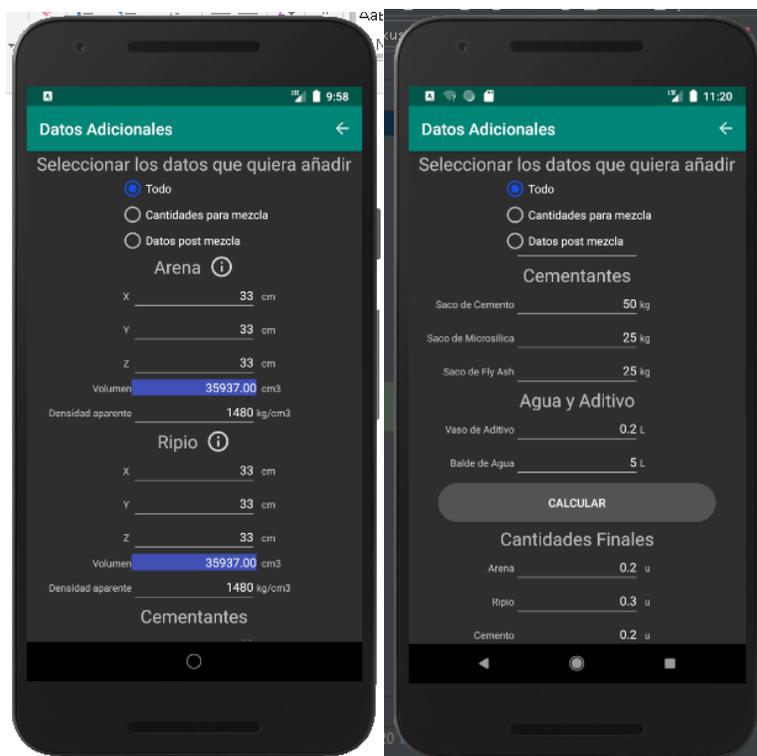


Figura 13. Actividad DatosAdicionales (a). Fuente: Android Studio, 2020.

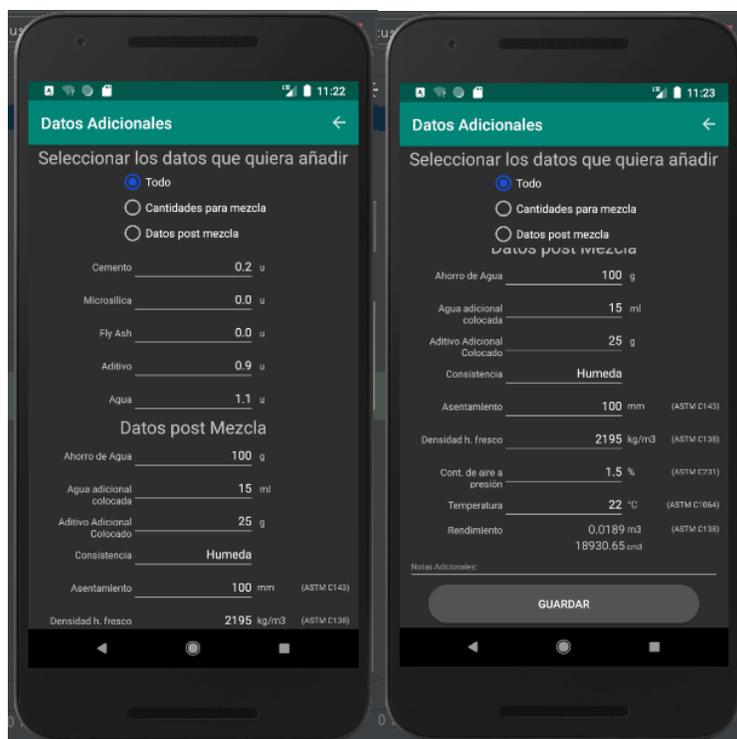


Figura 14. Actividad DatosAdicionales (b). Fuente: Android Studio, 2020.

## vi. PopParihuelas:

PopParihuelas es una actividad PopupWindow, del mismo estilo de las que son utilizadas en otras aplicaciones, para mostrar publicidad. En este caso muestra información acerca de cómo introducir los datos de las parihuelas. Se puede observar un gráfico que representa la parihuela con sus respectivas dimensiones, además de una pequeña descripción que recomienda utilizar un valor entre 1200 a 1760 kg/m<sup>3</sup> en la densidad aparente.

La densidad aparente se define como la masa de los agregados sin compactar en la parihuela dividida por el volumen que ocupa. Esto se utiliza porque en obra, al recoger el agregado para realizar la mezcla, este no suele ser compactado, lo que produce espacios vacíos que ocupan cierto volumen en la parihuela. Por ello, debe ser considerado para introducir el volumen correcto de arena y ripio. Se recomienda utilizar un valor entre 1200 a 1760 kg/m<sup>3</sup> según la norma (ACI Committee E-701, 2016).

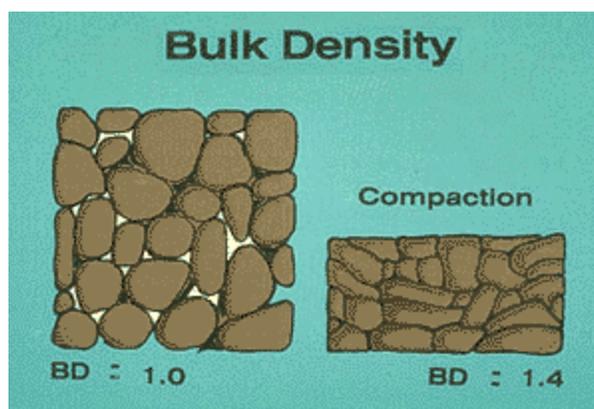


Figura 15. Densidad aparente. Fuente: Sustainable Agriculture, 2018.



Figura 16. Actividad PopParihuelas. Fuente: Android Studio, 2020.

### **vii. ViewPDFActivity:**

La actividad ViewPDFActivity permite que se abra el archivo PDF que fue creado con anterioridad dentro de la aplicación. Además, tiene un botón de compartir en la parte superior derecha de la actividad que permite al usuario, como su nombre indica, compartir el archivo PDF ya sea por mail, drive, WhatsApp u otra aplicación externa, (J, 2018. Martines, 2017. Peralte, 2019).

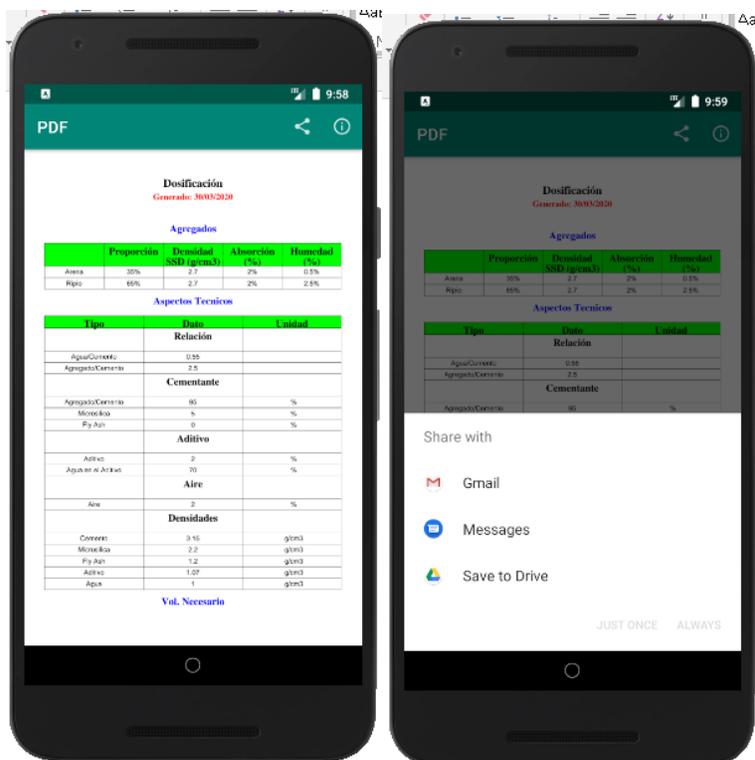


Figura 17. Actividad ViewPDFActivity. Fuente: Android Studio, 2020.

## CONCLUSIONES

En la Ingeniería Civil y las tareas constructivas es importante cumplir con las especificaciones técnicas y los cálculos adecuados. De esta manera, conseguir el objetivo de tener una obra bien hecha, garantizando calidad y eficiencia. Con las tecnologías actuales, estos procesos pueden ser automatizados lo que permite realizar los cálculos con mayor rapidez y seguridad.

La herramienta que se ha desarrollado permite contar con un instrumento de cálculo certero y válido para la dosificación de hormigón, según el método volumétrico, que consiste en sumar los volúmenes absolutos de los materiales para la mezcla de tal forma que resulte 1 metro cúbico. Esta app busca apoyar el trabajo en oficina y en obra, especialmente en la zona de construcciones, incluso sin la necesidad de internet.

Es una herramienta amigable con el usuario, con fácil introducción de datos y una rápida realización de cálculos sin importar el volumen de hormigón solicitado.

La aplicación permite la creación de archivos PDF, que se guardan en el almacenamiento default del mismo dispositivo, además se puede compartir con otros usuarios e imprimir el archivo lo que garantiza que la información no se pierda y esté al alcance de otros profesionales involucrados en el proyecto.

Para el crecimiento y posterior utilización de esta herramienta, la Universidad podría apoyar para que esta pueda ser publicada en las tiendas de Android y tomar parte en el futuro desarrollo de una versión para IOS.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 211. (2002). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91)*. American Concrete Institute.
- ACI Committee E-701. (2016, Marzo). *Aggregates for Concrete*. American Concrete Institute.
- ASTM. (2017). *ASTM C138-17: Standard test method for density (unit weight), yield, and air content (gravimetric) of concrete*. ASTM International.
- ASTM. (2017). *ASTM C143-17: Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete*. ASTM International.
- ASTM. (2017). *ASTM C231-17: Standard test method for air content of freshly mixed concrete by the pressure method*. ASTM International.
- ASTM. (2017). *ASTM C1064-17: Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete*. ASTM International.
- J, P. [Pedro J]. (2018, Septiembre 15). *Can't open pdf file with FileProvider* [Publicado en un foro online]. Obtenido el 01 de marzo de 2020 de <https://stackoverflow.com/questions/52346007/cant-open-pdf-file-with-fileprovider>.
- Heaton, J. (2008). *Introduction to neural networks with Java*. Heaton Research, Inc.
- Hohensee, B. (2014). *Introducción a Android Studio. Incluye proyectos reales y el código fuente*. Babelcube Inc.
- Introducción a Android Studio. (2020, Febrero 17). Android Studio. Obtenido el 01 de abril de 2020 de [https://developer.android.com/studio/intro/?gclid=CjwKCAjw7LX0BRBiEiwA\\_\\_gNw7PR1aHPzlaUb7KSIOqgq0aDH5QegNe\\_YFaLzD2AqrO5s8YQyw77fBoCJ8cQAvD\\_BwE&gclsrc=aw.ds](https://developer.android.com/studio/intro/?gclid=CjwKCAjw7LX0BRBiEiwA__gNw7PR1aHPzlaUb7KSIOqgq0aDH5QegNe_YFaLzD2AqrO5s8YQyw77fBoCJ8cQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds)
- Martines, A. [codigofacilito]. (2017, Diciembre 12). *Generar PDF en Android – Bytes* [Archivo de video]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=FIleHM7u4IY>
- Neville, A. M. (1995). *Properties of concrete* (Vol. 4). London: Longman.
- Peralte, C. [Chekto Peralta]. (2019, Febrero 9). *Crear archivo PDF en Android Studio* [Archivo de video]. Obtenido el 20 de marzo de 2020 de [https://www.youtube.com/watch?v=\\_cxYmwJArK4](https://www.youtube.com/watch?v=_cxYmwJArK4)
- Sustainable Agriculture. (2018). *What is bulk density?* Obtenido el 15 de abril de 2020 de <https://wccag.weebly.com/l-8-bulk-density.html>
- Tyler, L. (2010). Determining the Air-Entraining Admixture Dosage Response for Concrete with a Single Concrete Mixture. In *Recent Advancement in Concrete Freezing-Thawing (FT) Durability*. ASTM International.