



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERÍA

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN PARA DISPOSITIVOS ANDROID QUE PERMITAN DETERMINAR  
LOS SITIOS SEGUROS MEDIANTE GEORREFERENCIACIÓN Y REALIDAD AUMENTADA EN EL  
CAMPUS SANGOLQUÍ EN EL CASO DE UN EVENTUAL PROCESO ERUPTIVO DEL VOLCÁN  
COTOPAXI

DIEGO FABRICIO POZO MORENO  
CHRISTIAN FERNANDO GONZALEZ LANDETA

# ANTECEDENTES

- Por medio de estudios realizados se ha determinado que una zona de riesgo es la Universidad De Las Fuerzas Armadas - ESPE, de esta manera las autoridades han tomado medidas importantes para poder cautelar y prevenir la integridad de todas las personas que se encuentran en esta zona y dar ayuda para que se dirijan de forma rápida a los sitios y vías seguras. Sin embargo esto se lo ha realizado siempre desde los lugares habituales de oficina o de clases, lo cual no necesariamente podría presentarse en caso de darse un evento eruptivo fortuito el cual no permitiría necesariamente actuar según lo planeado o practicado.

# JUSTIFICACION

- Sobre la base de las consideraciones anteriores, surge la necesidad de mostrar a los visitantes las zonas seguras de la universidad, como es el caso del coliseo por ejemplo. Se puede mejorar esta tarea desarrollando una aplicación móvil que informe sobre las vías seguras para salir de la zona de riesgo, con lo cual las personas podrán movilizarse de una manera rápida y óptima. La solución es muy viable ya que en los últimos años disponer de un dispositivo inteligente se ha convertido en una necesidad del día a día. Los aspectos antes mencionados facilitan que casi cualquier persona pueda acceder a la aplicación preventiva del Cotopaxi.

## OBJETIVO

- Desarrollar una aplicación móvil preventiva ante una posible erupción del volcán Cotopaxi utilizando realidad aumentada y georreferenciación para el campus Sangolquí de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

# HERRAMIENTAS

- **Realidad aumentada mediante localización usando GPS:** Usando coordenadas geográficas, el software calcula la posición de los objetos virtuales. Este modelo es impreciso, debidamente al margen de error en la triangulación de los satélites GPS, y una ventaja es que el sistema es más rápido ya que solo necesita conseguir la posición del GPS y no realiza ningún proceso de reconocimiento de imagen.

# HERRAMIENTAS

- **¿Cómo funciona la Realidad Aumentada?**

El proceso de AR se podría dividir en dos fases principales: Reconocimiento & Tracking y la fase de Rendering.



# HERRAMIENTAS

- **La Georreferenciación**

Permite determinar la posición de un elemento en un sistema de coordenadas espacial diferente a la que se encuentra. Este proceso es determinado con una relación de posiciones entre elementos espaciales de ambos sistemas, de manera que, conociendo la posición en uno de los sistemas es posible obtener la posición homologada en el otro sistema.

# HERRAMIENTAS

- **Distancia entre dos punto geográficos (Fórmula de Haversine):**

Permite determinar la distancia en Km entre dos puntos geográficos tomando en cuenta la curvatura terrestre

$$d = 2 * R \sin^{-1} \left( \sqrt{\sin^2 \left( \frac{\Delta \varphi}{2} \right) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) * \sin^2 \left( \frac{\Delta \lambda}{2} \right)} \right)$$



# HERRAMIENTAS


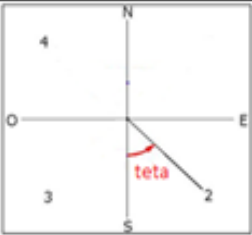
- **Rumbo entre dos puntos geográficos:**

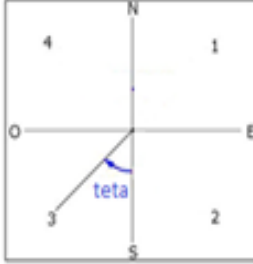
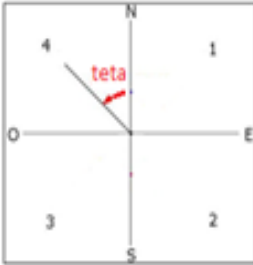
Es un ángulo agudo medido desde el Norte o Sur geográfico hacia el Oeste o Este geográfico, su valor varía entre cero y noventa grados, lo cual ubica la orientación de dicho ángulo en un cuadrante específico.

$$\cot R = [\cos a * \tan b * \csc |\delta\lambda|] - [\sin a * \cot |\delta\lambda|]$$

# HERRAMIENTAS

- Rumbo entre dos puntos geográficos:

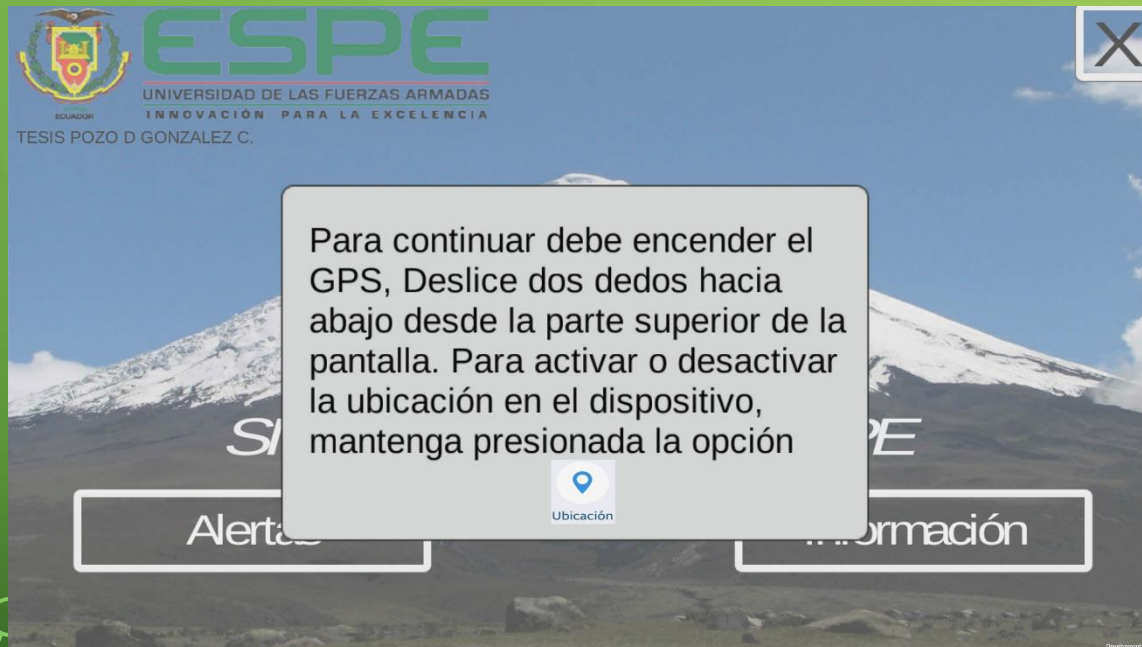
E	N	CUADRANTE	OPERACIÓN
+	+		teta
+	-		180-teta

-	-		180+teta
-	+		360-teta

# NAVEGAR POR LA APLICACIÓN

- El usuario es capaz de usar las funcionalidades que ofrece la aplicación Sitios Seguros ESPE.
- La Realidad aumentada, el sonido, avisos y mensajes escritos permiten interactuar con el usuario alertando a este para que se movilice a través de la aplicación (como guía) al sitio seguro más cercano desde la ubicación que se encuentre.

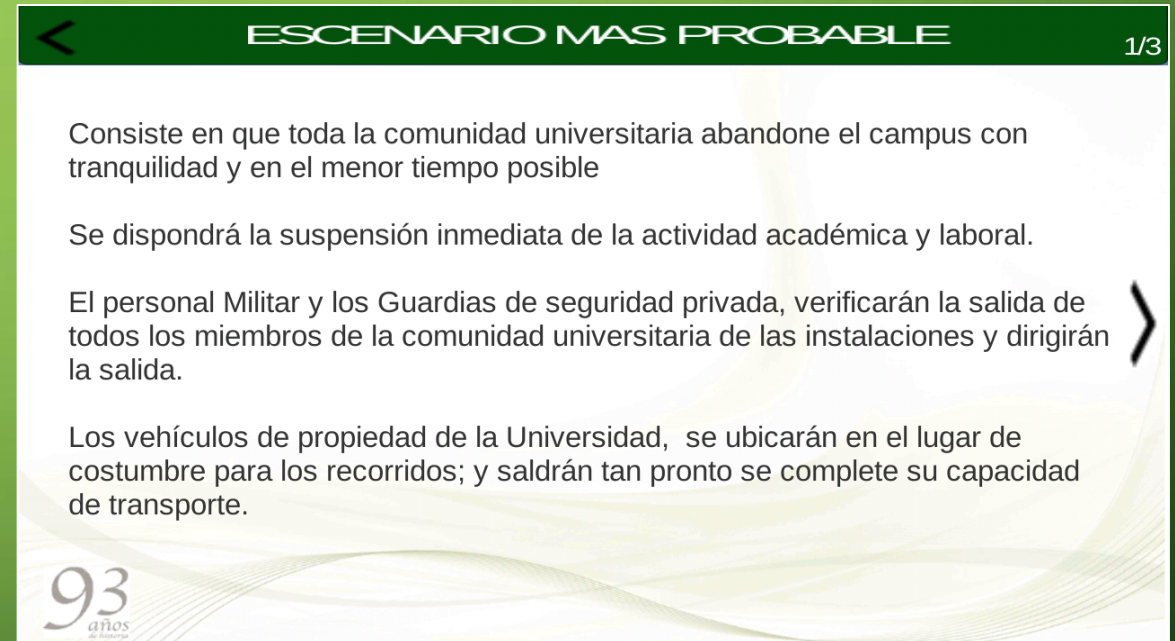
# INTERFAZ DE LA APLICACIÓN



# INTERFAZ DE LA APLICACIÓN

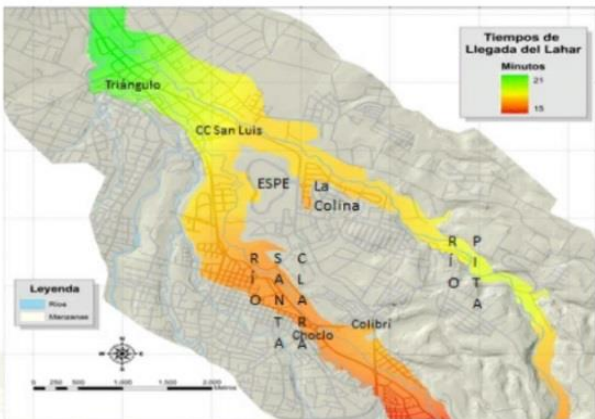


# INTERFAZ DE LA APLICACIÓN



# INTERFAZ DE LA APLICACIÓN

## IDENTIFICACIÓN DE LA AMENAZA



**Tiempos de Llegada del Lahar**  
Minutos  
25  
15

**93 años**  
**ESCENARIO No 1**  
**MÁS PROBABLE**

**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

La verdadera amenaza ante una posible erupción del Volcán Cotopaxi, serán los flujos de lodo y escombros conocidos también como lahares, lo que nos hace prever la afectación del Campus matriz o de una parte del mismo y de las vías circundantes.

**ESCENARIO No 2**  
**MENOS PROBABLE**

## ESCENARIO MENOS PROBABLE



**ESCENARIO MENOS PROBABLE**

**RÍO SANTA CLARA**

**RÍO PITA**

**INGRESO PRINCIPAL "ESPE"**

**INGRESO POSTERIOR "ESPE"**

**EDIFICIOS SEGUROS**

**ÁREAS Y EDIFICIOS EN RIESGO**

**RUTAS RECOMENDADAS**

# INTERFAZ DE LA APLICACIÓN

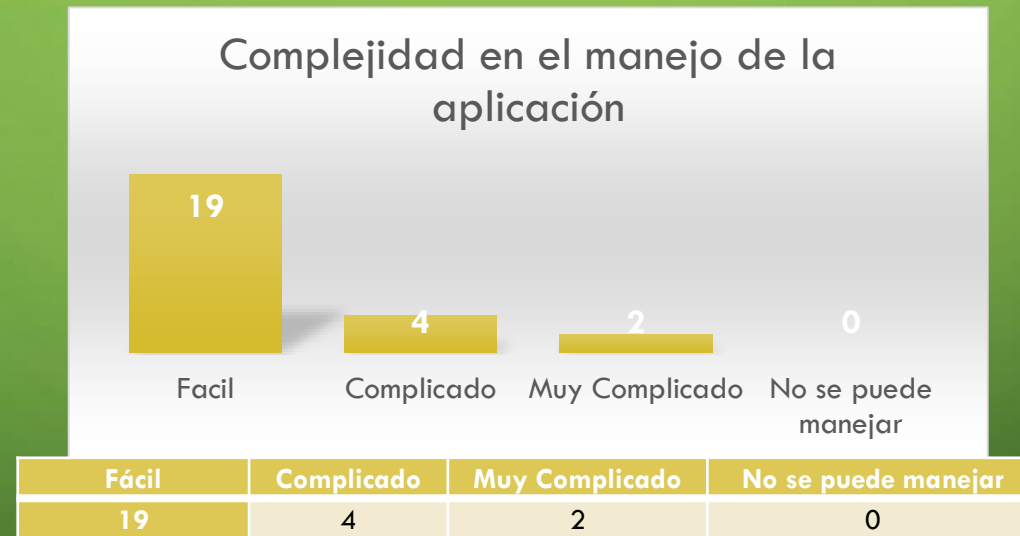




# RESULTADOS

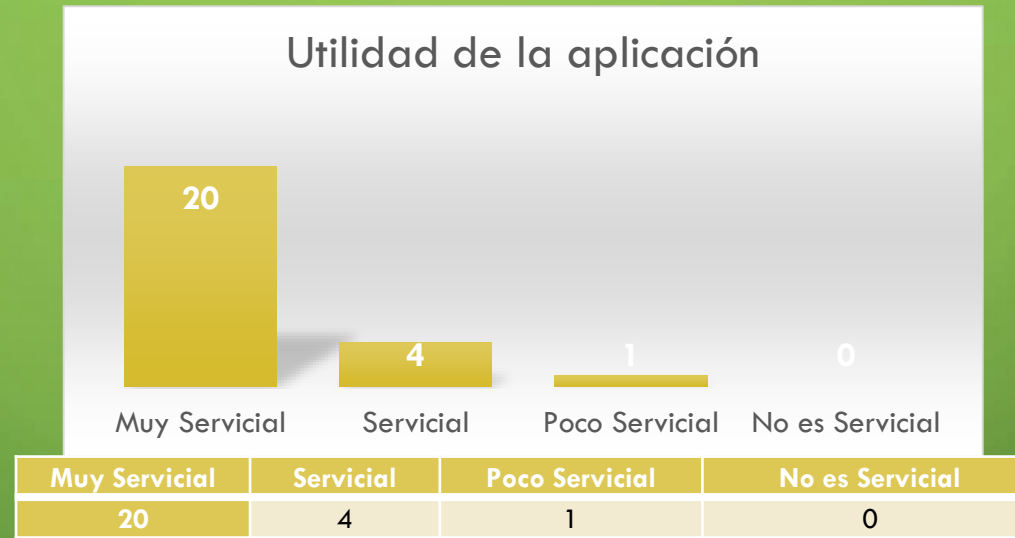
- Para realizar las pruebas se efectuó encuestas a distintos usuarios y se evidencia los siguientes resultados:

1. ¿Qué tan complicado resulta el manejo de la aplicación?



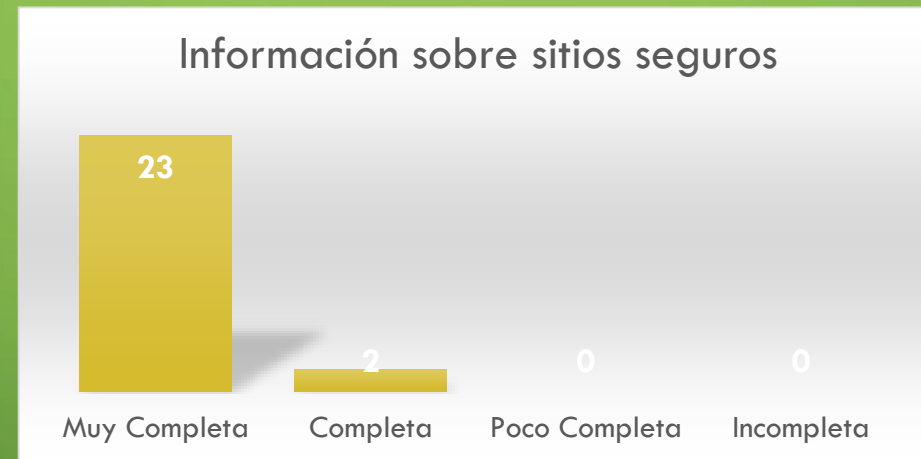
# RESULTADOS

- 2. ¿Cuán servicial resulta para usted la aplicación?



# RESULTADOS

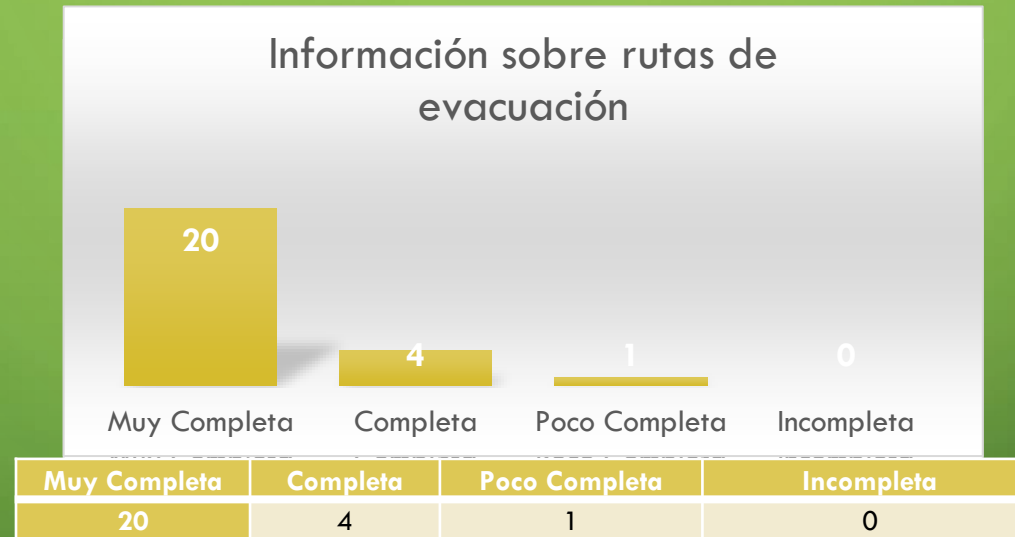
3. ¿Cuán completa es la información que proporciona la aplicación sobre los sitios seguros en caso de una posible erupción del volcán Cotopaxi?



Muy Completa	Completa	Poco Completa	Incompleta
23	2	0	0

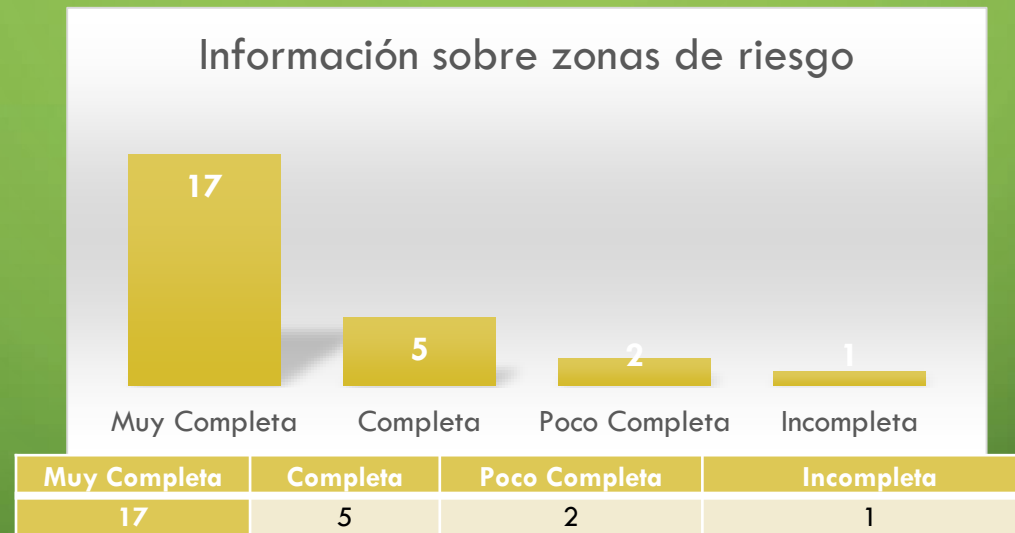
# RESULTADOS

4. ¿Cuán completa es la información que proporciona la aplicación sobre las rutas de evacuación en caso de una posible erupción del volcán Cotopaxi?



# RESULTADOS

5. ¿Cuán completa es la información que proporciona la aplicación sobre las zonas de riesgo en caso de una posible erupción del volcán Cotopaxi?



# PRUEBAS DE DESEMPEÑO

En resultados finales se observa algunos parámetros que definen a la aplicación como útil, eficiente para el usuario como son las siguientes:

1. **Uso de Memoria:** Al tener referencia los dispositivos móviles se puede determinar el consumo de memoria al momento de ejecutar la aplicación, se ha realizado diferentes pruebas, para establecer de una manera estadística si la aplicación consume memoria del dispositivo móvil ocasionando lentitud, retardo y uso inadecuado de recursos.

# PRUEBAS DE DESEMPEÑO

## USO DE MEMORIA



# PRUEBAS DE DESEMPEÑO

2. Almacenamiento: Otro aspecto importante es la capacidad del dispositivo móvil para realizar el almacenamiento de la aplicación.



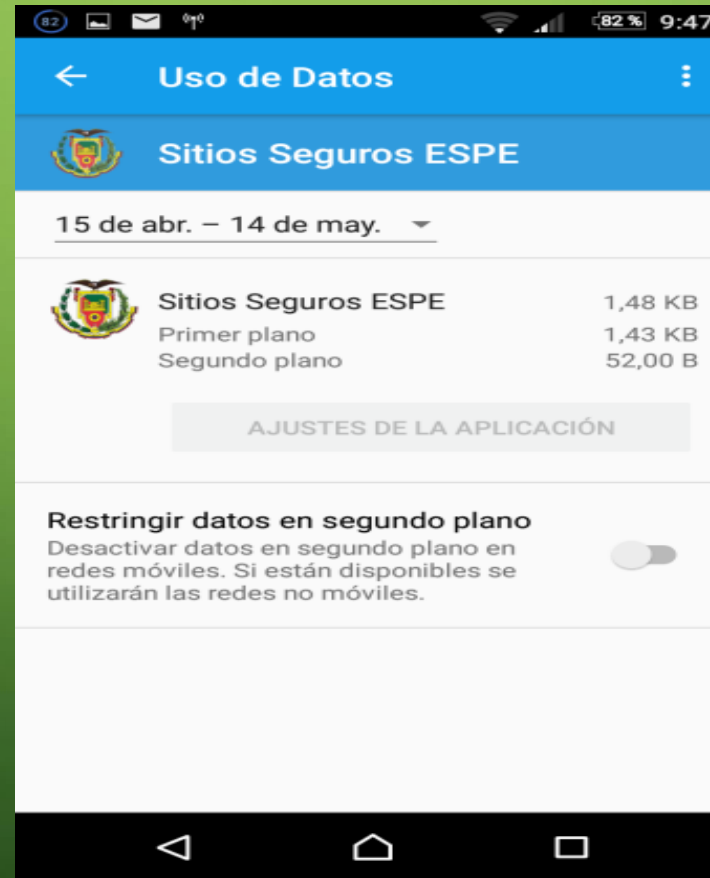
The screenshot shows the storage settings for the 'Sitios Seguros ESPE' application. The interface is in Spanish and includes a back arrow, the application name, and a list of storage metrics. There are two buttons: 'BORRAR DATOS' and 'BORRAR MEMORIA CACHÉ'.

Espacio de almacenamiento	
Total	56,81 MB
Aplicación en dispositivo	56,45 MB
Aplicación en tarjeta SD	8,00 KB
Datos en el dispositivo	348 KB
Datos en la tarjeta SD	20,00 KB
<b>BORRAR DATOS</b>	
Memoria caché	12,00 KB
<b>BORRAR MEMORIA CACHÉ</b>	



# PRUEBAS DE DESEMPEÑO

3. Consumo de datos: Al realizar el análisis del consumo de datos y considerar que la aplicación funciona sin acceso internet se obtuvo que el consumo es de 1.48 KB.



# PRUEBAS DE DESEMPEÑO

## 4. Consumo de Batería:



com.espe.espe2ok.esp

FORZAR LA DETENCIÓN NOTIFICAR

**Ajustar el uso de energía**  
Detener o desinstalar la aplicación  
Selecciona el modo de ahorro de batería

**Utilizar detalles**

CPU total	3m 42s
Primer plano CPU	3m 42s
GPS	7m 40s
Paquetes móviles recibidos	81
Paquetes móviles enviados	118
Radio activada	1m 3s
Cámara	3m 46s
Uso de energía computado	65 mAh



com.espe.espe2ok.esp

FORZAR LA DETENCIÓN NOTIFICAR

**Ajustar el uso de energía**  
Detener o desinstalar la aplicación  
Selecciona el modo de ahorro de batería

**Utilizar detalles**

CPU total	5m 43s
Primer plano CPU	5m 33s
GPS	6m 9s
Paquetes Wi-Fi recibidos	87
Paquetes Wi-Fi enviados	121
Cámara	5m 28s
Uso de energía computado	87 mAh



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

# CONCLUSIONES

- El uso de la geolocalización permitió desarrollar un sistema de navegación funcional frente a una eventual erupción del volcán Cotopaxi en el cual no se requiere una conexión a una red de datos para guiar al usuario al sitio seguro más cercano.
- Dentro del proceso para la implementación de realidad aumentada en edificaciones, se presentó un inconveniente con la utilización de Vuforia SDK, puesto que no está diseñada para reconocer objetos físicos, por ello, se empleó el uso de realidad aumentada en base a geolocalización (GPS y la brújula digital), la que permite mostrar al usuario información de interés.
- Luego de la implementación apropiada de la aplicación se determinó parámetros importantes, los cuales son de total apoyo para personas que no pertenecen a la comunidad politécnica, el audio al momento de guiar al usuario a los sitios seguros, el direccionamiento visual para un mejor desempeño, por último la realidad aumentada que permite al usuario identificar el sitio seguro y observar información de interés del mismo.

# RECOMENDACIONES

- Para desarrollar una aplicación móvil que será empleada en casos de emergencia, se sugiere el uso de la geolocalización, la cual no depende de una conexión a internet para un funcionamiento adecuado.
- Para la utilización de realidad aumentada en edificaciones se recomienda implementar la realidad aumentada en base a geolocalización, que permite al usuario visualizar información de interés, únicamente enfocando cualquier edificación, sin afectación de factores ambientales.
- Para que la aplicación tenga un mayor impacto en la comunidad es necesario divulgarla, así la comunidad pueda estar familiarizada con la aplicación frente a una erupción del Volcán Cotopaxi.
- Como primera instancia al usar la aplicación se recomienda calibrar la brújula y activar la ubicación, de esta forma proximidad hacia un sitio segura sea efectiva en un 99% permitiendo al usuario tener una reacción más efectiva y en el menor tiempo posible.