

# ARTÍCULOS



## BOLETÍN CIENTÍFICO TECNOLÓGICO

ACADEMIA POLITÉCNICA MILITAR

**MEJORA EN LAS TÉCNICAS DE SIMULACIÓN  
PARA EL ENTRENAMIENTO MILITAR PARA  
LA TOMA DE DECISIONES A TRAVÉS DE UNA  
APLICACIÓN NATIVA INTEGRADA EN UN  
SOFTWARE DE SIMULACIÓN CONSTRUCTIVA**

**MAY. DANILO CONTADOR ROJAS / SR. RICARDO PINO  
VIDELA / SR. CLAUDIO MIRANDA SEPÚLVEDA**





# MEJORA EN LAS TÉCNICAS DE SIMULACIÓN PARA EL ENTRENAMIENTO MILITAR PARA LA TOMA DE DECISIONES A TRAVÉS DE UNA APLICACIÓN NATIVA INTEGRADA EN UN SOFTWARE DE SIMULACIÓN CONSTRUCTIVA

MAY. Danilo Contador Rojas.<sup>1</sup>

Sr. Ricardo Pino Videla.<sup>2</sup>

Sr. Claudio Miranda Sepúlveda.<sup>3</sup>

**Resumen:** Este artículo presenta la incorporación de entidades reales en un software de simulación constructiva y virtual, por medio de la integración LVC.<sup>4</sup> Este concepto es utilizado para ejercicios de comprobación, de planificación y entrenamiento en distintos niveles de la conducción. Lo anterior ha sido desarrollado a través de una aplicación móvil basada en Android, como respuesta al acceso masivo a teléfonos inteligentes y a la gran cobertura de redes celulares. El modelo propuesto entregará la posibilidad de conocer en tiempo real cómo se desplazan las unidades en terreno, además de brindar la capacidad de traducir la cadena de datos de GPS en lenguaje de simulación, lo que hace posible crear un ambiente sintético de integración LVC, abriendo la puerta al desarrollo de aplicaciones orientadas a la gestión de recursos, durante un entrenamiento de combate o entrenamiento ante emergencias y/o catástrofes con apoyo de la simulación.

**Palabras clave:** Simulación constructiva, aplicación, c++, data GPS, protocolo de redes, LVC.

**Abstract:** this article presents the incorporation of real entities in a virtual and constructive simulation software, through LVC integration,

---

1 Ingeniero Politécnico Militar en Sistemas TICs.

2 Cartógrafo. Centro de Modelación y Simulación del Ejército.

3 Ingeniero Informático. Centro de Modelación y Simulación del Ejército.

4 LVC: Live, Virtual and Constructive simulation.



*normally used for planning and training checking exercises at different levels of driving. This has been developed through a mobile application based on Android, in response to massive access to smartphones, and the large coverage of cellular networks. The proposed model will provide the possibility to see in real time how the units move on the ground, and it will provide the ability to translate the GPS data chain into simulation language, which makes it possible to create a synthetic LVC integration environment, leads the development of applications oriented to the management of resources, during a combat training or emergency and/or catastrophes training with support of simulation.*

**Keywords:** *Constructive simulation, application, C++, GPS data, network protocol, LVC.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías utilizadas para el entrenamiento por medio de la simulación pueden ser implementadas tanto para operaciones militares de guerra como en procedimientos de otro tipo. Además, tienen como finalidad buscar una herramienta complementaria para el entrenamiento y la toma de decisiones.

El Ejército de Chile cuenta con distintos tipos de simuladores, los que se clasifican en: simulación virtual, constructiva y en vivo. Sin embargo, no considera la integración de estos recursos para potenciar sus capacidades y obtener resultados en escenarios comunes para la evaluación de la maniobra.

Hasta entonces, para el entrenamiento de los cuarteles generales y su Estado Mayor, se utiliza la simulación constructiva; en tanto, para el entrenamiento de las tripulaciones de plataformas aéreas o terrestres, se utiliza la simulación virtual; y, para el entrenamiento de unidades de niveles de escuadra, sección o unidades fundamentales, se puede utilizar principalmente la simulación en vivo.

No obstante a lo anterior, estas tres herramientas se pueden integrar para entregar un mayor realismo a la planificación y ejecución de la maniobra. Esto gracias a que existen protocolos de comunicación que permiten integrar las distintas plataformas y presentarlas en un panorama común, lo que incrementa el nivel de inmersión de la simulación, debido a la capacidad de poder visualizar la interacción en un mismo escenario de entidades reales y virtuales lo que aumenta la capacidad de resolución de los comandantes.



El conjunto de herramientas que permiten generar un entorno LVC normalmente es de difícil acceso y de valores elevados. La implementación de una solución de bajo costo que permita seguir unidades en terreno en una interfaz de simulación aparece entonces como propuesta interesante.

En los últimos años, el Centro de Modelación y Simulación del Ejército (CEMSE) ha explorado una serie de tecnologías en el marco de la simulación. Esta experiencia basada en la experimentación, desarrollo y explotación de herramientas permite evidenciar el vasto conocimiento acumulado en estas materias. Es por lo anterior que la búsqueda de nuevas tecnologías de bajo costo y fácil acceso se ha transformado en un eje de acción de este centro.

Los procesos de experimentación con simulación virtual y los procesos de comprobación de planificación y capacidades de TOEs mediante herramientas de simulación han permitido visualizar que la construcción de una herramienta para comprobación de planificaciones sea una realidad cercana y posible. Dado lo anterior, nace la pregunta ¿es posible utilizar un *software* robusto como VR-FORCES<sup>5</sup> (VRF) como la interfaz de un sistema de entrenamiento de emergencia y, por qué no decirlo, como sistema de mando y control alternativo? La respuesta pareciera ser positiva, pero los costos de licenciamiento para ser implementados en toda la fuerza terrestre (FT) hace que sea restrictivo el uso de este *software* a nivel masivo.

## 2. DESARROLLO

Es así donde nace la idea de buscar una alternativa por medio del desarrollo de una aplicación nativa, propia y colaborativa que aparece entonces como solución. La experiencia indica que, independiente de la plataforma, lo importante es la gestión de los datos, como los entregados por un GPS (coordenadas) y la cartografía digital (catastrales). A este respecto, lo vital es conocer y entender los estándares de cada uno de ellos de manera tal que sea posible su conversión, exportación y visualización de forma dinámica y en tiempo real.

Términos como SISO,<sup>6</sup> DIS<sup>7</sup> o HLA<sup>8</sup> son poco familiares, pero, tomando en consideración las necesidades institucionales, se vuelven fundamentales a la hora de generar un sistema integrado de simulación LVC que, en un futuro, pudiera ser parte

---

5 VR-Forces, software de simulación constructiva adquirido por el Ejército de Chile por medio del Proyecto Rapel el año 2011.

6 SISO: Simulation Interoperability Standards Organization.

7 DIS: Distributed Interactive Simulation.

8 HLA: High Level Architecture.



de un sistema de gestión, entrenamiento y de comprobación de planificación para operaciones militares de guerra y MOOTW.<sup>9</sup>

Por medio del *software* de simulación constructiva VRF, que es una plataforma de generación de fuerzas por computador (Computer Generated Forces, CGF), y el *software* de simulación virtual “*Virtual Battlespace 3*” (VBS3), que es una solución de entrenamiento virtual flexible, se pueden realizar ejercicios de entrenamiento, los que se integran a través de protocolos de comunicación HLA o DIS, permitiendo utilizar los mismos escenarios, visualizar las mismas entidades y compartir los datos que se generan en ambos entornos de simulación. Esto también aplica para cualquier *software* de simulación que considere protocolos de comunicación DIS o HLA.

El desafío del estudio realizado fue poder incorporar el tercer factor de la simulación para el entrenamiento, a saber, la simulación en vivo. Para ello se definió como alcance la necesidad de contar con un prototipo que demuestre el desarrollo realizado con la tecnología disponible. Se definió como requerimiento contar con un dispositivo de transmisión de datos de posicionamiento y redes de telecomunicaciones, para lo cual solo era necesario establecer la ubicación georreferenciada de la entidad real en el escenario de simulación constructivo y virtual a través del protocolo de comunicaciones DIS que permita la interacción entre el simulador constructivo y un dispositivo geolocalizador, con el objetivo de que actúe como canal de transmisión de datos asociado a la ubicación de entidades militares (baja transmisión de datos).

Para lo anterior se realizó un análisis de distintos dispositivos de posicionamiento considerando las siguientes variables:

1. movilidad,
2. cantidad restringida de datos,
3. localización,
4. conexión permanente, y
5. envío de señales sostenidas en el tiempo, con intervalos menores a cinco segundos.

El análisis de las tecnologías de geolocalización se puede visualizar en la tabla N° 1 en la que se presentan las ventajas (+) y desventajas (-) de su implementación.

---

9 MOOTW: Military Operation Other Than War.



**Tabla 1. Características positivas y negativas de tecnologías de geolocalización analizadas**

TECNOLOGÍA	ANÁLISIS DE TECNOLOGÍA
GSM/GPRS	(+) Protocolo generalizado (+) Alto alcance (-) Baja precisión
GPS	(+) Alta precisión (+) Alta compatibilidad con otros dispositivos (+) Confiabilidad (+) Económico (+) Disponibilidad a nivel global (+) Bajo consumo energético
3G	(+) Mayor velocidad de transmisión de datos que GSM (+) Transmisión a través de Internet (-) Mayor consumo energético (+) Disponibilidad a nivel global (-) Baja precisión
4G	(+) Mayor velocidad de transmisión de datos que 3G (+) Transmisión a través de internet (-) Mayor consumo energético (+) Disponibilidad a nivel global (-) Baja precisión
Intel Stick + GLONASS	(+) Mayor disponibilidad de satélites para geolocalización (+) Mayor cobertura (-) Mayor consumo de energía, dependencia de alimentación eléctrica externa (+) Uso de satélites GPS y GLONASS
Dispositivo Android	(+) Uso de aplicaciones personalizadas (-) Baja optimización de baterías (+) Amplia disponibilidad de tecnología

Fuente: elaboración propia.

Primero, se definió como la tecnología más adecuada para el prototipo esperado el uso de GPS, debido a que puede ser implementado en variadas presentaciones. Luego se definió el desarrollo de una aplicación en la plataforma *Android*, utilizada como *Front-End* del *software* del prototipo. Lo anterior se debió principalmente por las siguientes razones:

- desarrollo de software de código abierto,
- existe una alta disponibilidad de equipos compatibles,
- un menor costo futuro de implementación para ejercicios,



- la portabilidad, y
- baterías de alto rendimiento.

A continuación, en la tabla N° 2 se presentan las características de los protocolos de comunicación analizados:

**Tabla 2 (a). Comparación de tecnologías de redes de transmisión de datos**

PROTOCOLO DE COMUNICACIONES	GSM/GPRS	BAM WIFI	LORAWAN
Banda de frecuencia	850/900; 1800/1900 Mhz	225-3700 MHz	868 MHz
Máx. transmisión de señal	168 Kb/s	3-42 Kb/s	0.3 - 50 Kb/s
Rango nominal	2 - 35 km	-	100 - 1000 km
N° de bandas de frecuencias	124	-	10 - 64
Máx. N° de nodos	1000	10	-
Ventajas comparativas	Alto rango de alcance Bajo costo Muy disponible donde hay cobertura celular	Portabilidad, velocidad, alta capacidad de transmisión	Alto rango de alcance
Aplicaciones	Internet Monitorización Control	Internet móvil Transmisión de video Comunicación en redes locales	Transmisión de datos de bajo nivel Sensorización Comunicación M2M

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2 (b). Comparación de tecnologías de redes de transmisión de datos**

PROTOCOLO DE COMUNICACIONES	BLE	SIGFOX	SUB-BANDA Z-WAVE	ZIBBEE
Banda de frecuencia	2.4 GHz	868 GHz	900 MHz	868/915 MHz; 2.4 GHz
Máx. transmisión de señal	720 Kb/s	100 bps	9,6 - 40 - 100 Kb/s	250 Kb/s
Rango nominal	10 m	30 - 50 km	30 m	10 - 1000 m
N° de bandas de frecuencias	79	-	-	16
Máx. N° de nodos	8	-	232	>65000





PROTOCOLO DE COMUNICACIONES	BLE	SIGFOX	SUB-BANDA Z-WAVE	ZIBBEE
Ventajas comparativas	Bajo costo Bajo consumo de potencia Confiabilidad y velocidad	Bajo costo Bajo consumo energético Confiabilidad Anti-jamming	Transmisión de pequeños paquetes de datos Optimización de recursos energéticos	Confiabilidad Potencia Costo
Aplicaciones	Transmisión de datos a nivel local Reemplazo de sistemas cableados en redes locales	Transmisión de paquetes de datos pequeños en largas distancias Sensorización Monitorización Control	Internet of Things (IoT) Sensorización Comunicación inalámbrica de corto alcance	Monitorización Control

Fuente: elaboración propia.

Una red de tipo celular (GSM/GPRS, 3G) resultó ser la que mejor se ajustaba, debido a su extenso desarrollo y disponibilidad, su fácil implementación y el bajo costo considerando un sistema basado en redes.

Una vez seleccionada la tecnología de geolocalización y de transmisión de datos, se definió el tipo de desarrollo de *software*, para lo que se utilizó el lenguaje de programación C++, con la finalidad de integrar las coordenadas de posicionamiento GPS a la red a través de protocolo DIS conectada al simulador constructivo VRF, considerando latitud, longitud y altura de las entidades reales.

De esta forma, el diseño conceptual del prototipo (figura N° 1), consideró personas reales (entidades) que representan la simulación en vivo, las que se desplazan en un escenario real controlado, debiendo transmitir su ubicación obtenida por GPS a través del servidor WEB para la app LVC con la tecnología GSM/GPRS. Las coordenadas se reciben en un servidor, ubicado en un lugar predeterminado, en el cual, a través de una API desarrollada en lenguaje C++, se traduce la información de geolocalización al protocolo DIS, la que se transmite a la red DIS, donde se encuentra físicamente el servidor. Esta información en la red DIS es recibida por el simulador constructivo VRF, el que crea entidades virtuales, representando las dos personas reales que se desplazan en un terreno controlado. Simultáneamente, el simulador constructivo, muestra entidades virtuales del *software* VBS3, además de las entidades propias de VRF, creando así un ambiente sintético.

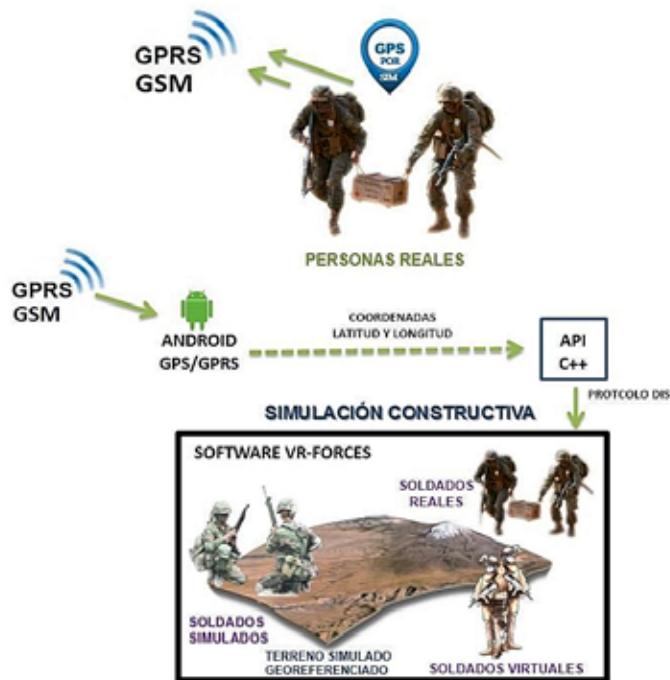


Figura N° 1: "Diseño conceptual".

Fuente: elaboración propia.

## 2.1. PROTOCOLO DE PRUEBAS DE LA APLICACIÓN

El protocolo para realizar la prueba de la aplicación con la finalidad de visualizar entidades en vivo en el simulador constructivo consta de dos partes, como se presenta a continuación:

- 1) *Front-End*: corresponde a la interfaz gráfica de la aplicación *Android*, en la que se carga la aplicación LVC-CEMSE, que captura y transmite la información de geolocalización de la entidad en vivo. Esta información la recibe el *software Back-End* y lo asigna a la entidad previamente definida según código SISO. El número de *Front-End* es limitado solo por los dispositivos *Android* que se tengan disponibles.
- 2) *Back-End*: *software* de lectura y emisión de posición de las entidades a integrar en el simulador constructivo, desarrollado mediante un *script* en lenguaje C++. Este funciona independiente del *Front-End* y no tiene límite de ejecuciones simultáneas.

El protocolo de funcionamiento se presenta en la figura N° 2.

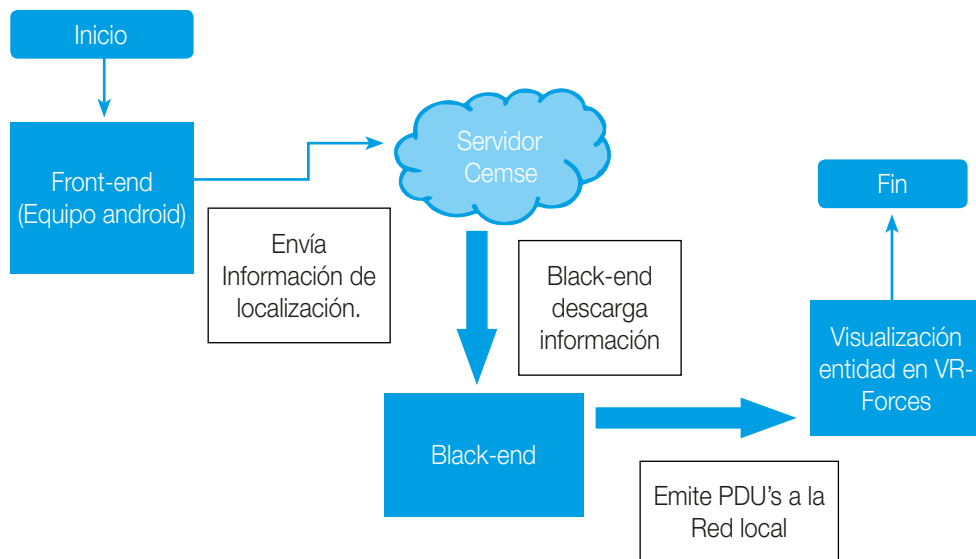


Figura N° 2: "Diagrama de funcionamiento de Back-End y Front-End".

Fuente: CEMSE, DIVDOC, 2016.

Para la configuración de entidades en vivo, se compilaron cuatro ejecutables con un Script en lenguaje C++ que cumplieron la función de *Back-End*, cada uno con una configuración de características iniciales. Los ejecutables obtienen la información de ubicación almacenada en un archivo asociado, los que fueron previamente configurados mediante la aplicación *Front-End* en el equipo *Android*. Luego, según el código SISO que se ingresa al momento de la ejecución, empaquetan la información en un PDU y lo emiten a la red.

La mayoría de los receptores GPS soportan el protocolo de comunicaciones estándar NMEA. A partir de este protocolo, el GPS envía un flujo constante de datos al computador. La aplicación LVC captura estos datos y los convierte a un formato estándar denominado PDU. Esta estructura permite incorporar la posición en coordenadas XYZ, además del código SISO asociado a la entidad que está siendo monitoreada. Posteriormente, se transmite a una red de simulación con protocolo DIS en forma de entidades que se representa en tiempo real sobre el escenario. El código SISO, anteriormente mencionado, es el que permite que la unidad monitoreada no solamente se pueda visualizar, sino que, además, permite que esta interactúe con las entidades generadas en el computador, lo que, a su vez, posibilita la visualización de las entidades de manera independiente en el simulador constructivo VRF.

A continuación se presenta un extracto del código que hace referencia al proceso explicado anteriormente:



**Tabla 3. Líneas de comando que entregan la información que caracteriza a la entidad que se envía a la red**

<pre> #include &lt;iostream&gt; #include &lt;fstream&gt; #include "KDIS/PDU/Entity_Info_Interaction/Entity_State_PDU.h" #include "KDIS/Network/Connection.h" // A cross platform connection class. #include &lt;wininet.h&gt;  // Lets declare all namespaces to keep the code small. using namespace std; using namespace KDIS; using namespace DATA_TYPE; using namespace PDU; using namespace ENUMS; using namespace UTILS; using namespace NETWORK; int main() {     // First create the PDU we are going to send, for this example I will use a     // Entity_State_PDU, When this PDU is sent most DIS applications should then show a new entity     EntityIdentifier EntID( 1, 3001, 3 );     ForceID EntForceID( Friendly );     //EntityType EntType( 3, 1, 225, 3, 0, 1, 0 ); // A Civilian male         EntityType EntType( 3, 1, 225, 1, 41, 1, 0 );     Vector EntityLinearVelocity( 0, 0, 0 );         ifstream fin("gps-position-team1.txt");             double latitud;             double longitud;         fin &gt;&gt; latitud &gt;&gt; longitud;     // Convert local coordinate systems to DIS         //KFLOAT64 Lat = -34.58648, Lon = -71.69347, Alt = 385; // West coast of USA         //KFLOAT64 Lat = latitud, Lon = longitud, Alt = 17;         KFLOAT64 Lat = 36.000894, Lon = -122.992339, Alt = 17; </pre>	<pre> KFLOAT64 GeoX = 0.0, GeoY = 0.0, GeoZ = 0.0; KFLOAT64 Heading = 0.0, Pitch = 0.0, Roll = 0.0; KFLOAT64 Psi = 0.0, Theta = 0.0, Phi = 0.0; KDIS::UTILS::GeodeticToGeocentric( Lat, Lon, Alt, GeoX, GeoY, GeoZ, WGS_1984 ); KDIS::UTILS::HeadingPitchRollToEuler( DegToRad( Heading ), DegToRad( Pitch ), DegToRad( Roll ), DegToRad( Lat ), DegToRad( Lon ), Psi, Theta, Phi );  WorldCoordinates EntityLocation( GeoX, GeoY, GeoZ ); EulerAngles EntityOrientation( Psi, Theta, Phi ); EntityAppearance EntEA; DeadReckoningParameter DRP( Static, Vector( 0, 0, 0 ), Vector( 0, 0, 0 ) ); EntityMarking EntMarking( ASCII, soldado», 5 ); EntityCapabilities EntEC( false, false, false, false ); // Create the PDU Entity_State_PDU Entity( EntID, EntForceID, EntType, EntType, EntityLinearVelocity, EntityLocation, EntityOrientation, EntEA, DRP, EntMarking, EntEC ); // Set the PDU Header values Entity.SetExerciseID( 1 ); // Set the time stamp to automatically calculate each time encode is called. Entity.SetTimeStamp( TimeStamp( RelativeTime, 0, true ) ); try {     // Note: This address will probably be different for your network.     Connection myConnection( "192.168.0.255" );     // Encode the PDU contents into network data </pre>
--	---

Fuente: elaboración propia.



EntityIdentifier Ent(1, 3000, 4);	//Ingreso de parámetros de la entidad (Número de ejercicio, puerto de comunicación, número de entidad)
ForceID EntForceID(Friendly);	// Amigo, enemigo o neutral
EntityType EntType(3, 1, 225, 32, 1, 40);	//Tipo de entidad según código SISO
Vector EntityLinearVelocity(0, 0, 0);	// Velocidad de la entidad

A continuación, se presenta un ejemplo de las PDU's configuradas asociadas a un archivo TXT en el servidor web [www.cemse-lvc.cl](http://www.cemse-lvc.cl) y que, a su vez, se pueden configurar independientemente con diferentes entidades, de acuerdo con el código SISO que se ingresa:

- Example-Entity\_State\_PDU1.exe→[www.cemse-lvc.cl/gps.txt](http://www.cemse-lvc.cl/gps.txt)
  - Fuerza/Equipo de la entidad: Azul
- Example-Entity\_State\_PDU2.exe→[www.cemse-lvc.cl/gps2.txt](http://www.cemse-lvc.cl/gps2.txt)
  - Fuerza/Equipo de la entidad: Rojo
- Example-Entity\_State\_PDU3.exe→[www.cemse-lvc.cl/gps3.txt](http://www.cemse-lvc.cl/gps3.txt)
  - Fuerza/Equipo de la entidad: Azul
- Example-Entity\_State\_PDU4.exe→[www.cemse-lvc.cl/gps4.txt](http://www.cemse-lvc.cl/gps4.txt)
  - Fuerza/Equipo de la entidad: Rojo

Para lo anterior, se presenta el protocolo de ejecución del *Back-End* y *Front-End* a través del siguiente diagrama de la figura N° 3:

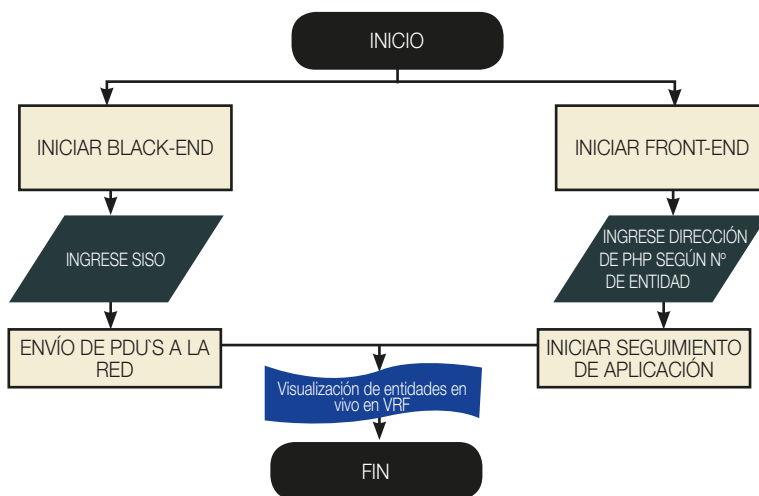


Figura N° 3: "Diagrama de flujo ejecución Back-End y Front-End".

Fuente: CEMSE, DIVODC, 2016.



## 2.2. PROTOCOLO DE INTEGRACIÓN DE LA PLATAFORMA LVC

El protocolo de prueba se llevó a cabo siguiendo el siguiente procedimiento:

- 1) Configuración de simulador en vivo: se define en el *Back-End* cada entidad en vivo que participa en la simulación utilizando un código SISO, el que le da una característica de entidad tal como soldado, vehículo, sistema de arma o cualquier otro que se le quiera asociar. Como en el *Back-End* se encuentran los ejecutables desarrollados que procesan la información de posicionamiento GPS (latitud, longitud y altura), estos son almacenados en el sitio web [www.cemse-lvc.cl](http://www.cemse-lvc.cl). Se debe cargar un ejecutable por cada entidad en vivo, el que tiene un tamaño de 750 kb aproximadamente. No existe un límite del número de ejecutables a cargar.

Por otro lado, el *Front-End* corresponde a los equipos móviles con *Android* que tienen cargada la aplicación "CEMSE-LVC". Por cada ejecutable cargado en el *Back-End* se debe iniciar la aplicación CEMSE-LVC y asignar a cada equipo móvil el número de entidad correspondiente. Una vez que se sincroniza la recepción de la señal GPS se comienza a transmitir su posición a la red GPRS.

- 2) Configuración del simulador virtual VBS3: se inicia el simulador virtual y se conecta al simulador constructivo a través de la red DIS, para lo cual se utiliza el mismo parámetro "Host", así como también un terreno correspondiente a las mismas coordenadas geográficas donde se encontrarán las entidades virtuales y entidades en vivo.
- 3) Configuración del simulador constructivo VRF: se comienza cargando un terreno correspondiente a las coordenadas geográficas de la simulación definida, para lo que se debe utilizar el mismo "Host" del simulador virtual y del terreno.
- 4) Puesta en marcha de simulación LVC: con la configuración inicial correcta de los simuladores anteriores, se podrá visualizar de inmediato en la GUI de VRF todas las entidades vivas, virtuales y constructivas.

Una vez cargadas y visualizadas todas las entidades LVC, las entidades vivas deben comenzar a desplazarse en el área geográfica definida para la prueba. El seguimiento de las entidades en vivo se visualizará en el GUI de VRF mientras exista la cobertura GPRS y recepción de GPS enviando su última localización cada 5 segundos.



Mejora en las técnicas de simulación para el entrenamiento militar para la toma de...

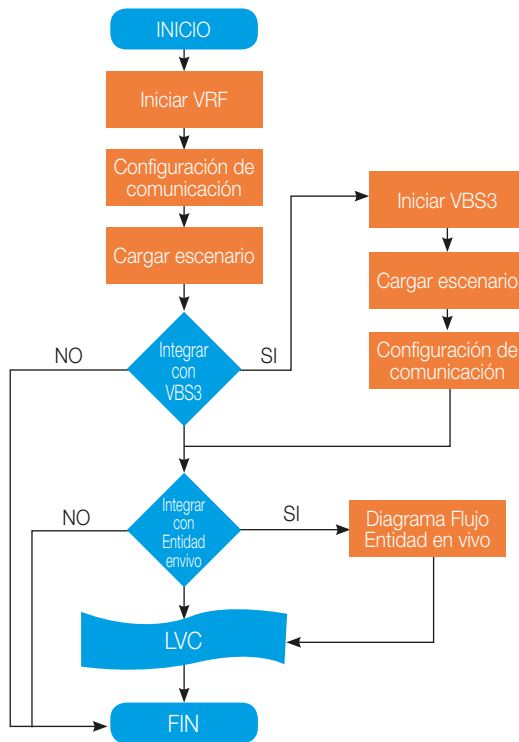


Figura N° 4: "Diagrama de flujo de protocolo de extracción de datos".

Fuente: CEMSE, DIVDOC, 2016.

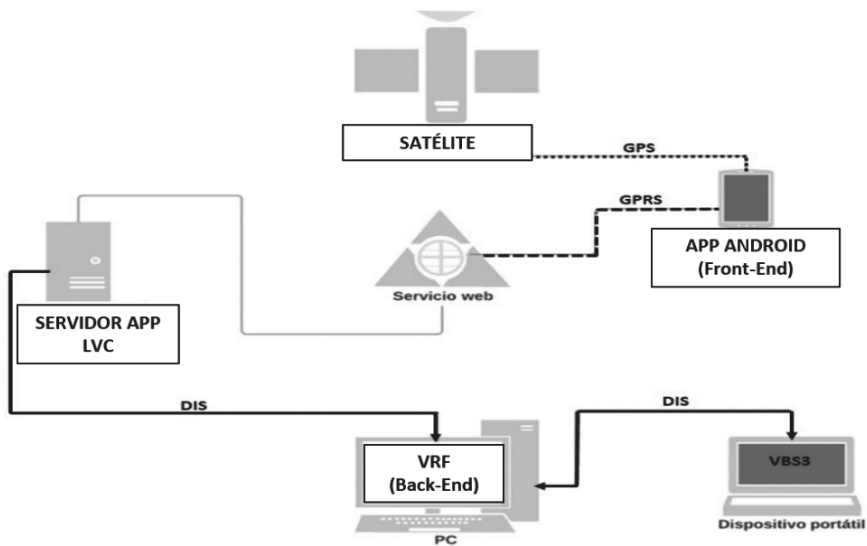


Figura N° 5: "Diseño conceptual de prototipo funcional".

Fuente: elaboración propia.



En el diagrama anterior (figura N° 5) se aprecia cómo el simulador virtual se comunica en forma bidireccional con el simulador constructivo a través de la red DIS. Esto implica que las entidades virtuales del Simulador Virtual se podrán ver y podrán interactuar con las entidades virtuales del simulador constructivo.

La plataforma VRF recibe datos de entidades externas provenientes de la red local, codificadas en protocolo DIS. El *software* escucha los paquetes de datos interpretables en protocolo DIS y carga las entidades que se encuentran en la red. Finalmente, estas se visualizan en el escenario del simulador constructivo, VRF.

### 3. PRUEBAS DE CAMPO

Se realizaron dos pruebas de campo para validar la herramienta desarrollada por medio de los protocolos presentados anteriormente. La primera, en la ciudad de Santiago, por medio de una plataforma terrestre, y la segunda, en la ciudad de Rancagua, por medio de una plataforma aérea.

Ambas pruebas fueron realizadas con éxito, debido a que, durante todo el recorrido (figura N° 6), se visualizó la posición y desplazamiento de la entidad viva en el simulador constructivo. En la primera de ellas se verificó al contrastar la ubicación real por vía radial lo que valida la herramienta desarrollada en un área de 30 km<sup>2</sup> y permite seguir una ruta de 40 km monitoreados y visualizados en el *software*.

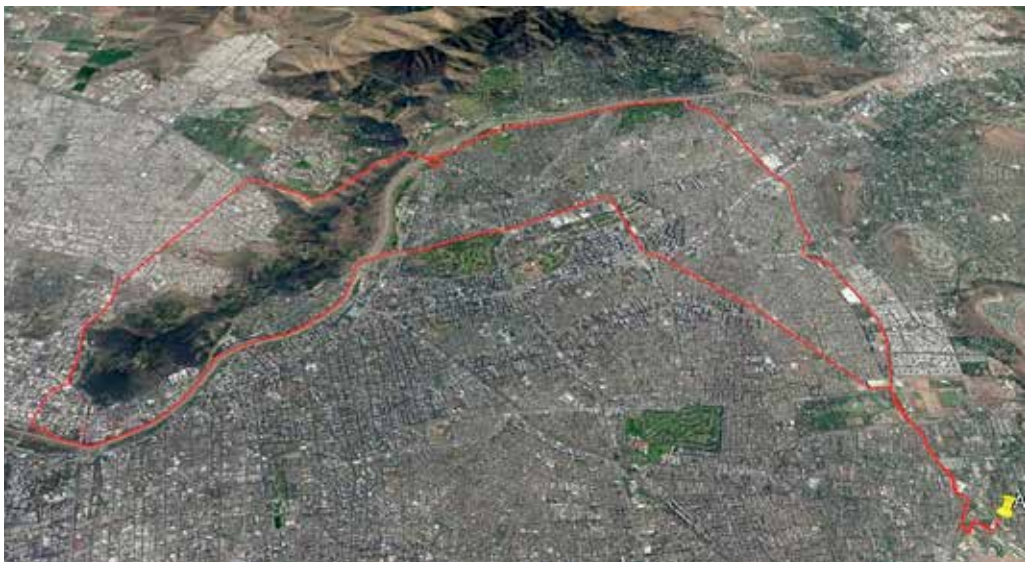


Figura N° 6: "Prueba del seguimiento de una entidad terrestre en la ciudad de Santiago".

Fuente: Google Earth.





Mejora en las técnicas de simulación para el entrenamiento militar para la toma de...

La segunda prueba se llevó a cabo en la ciudad de Rancagua para lo cual se utilizó una plataforma aérea, por medio de un helicóptero MD-530. Esta prueba consistió en realizar un vuelo desde baja altura y a corta distancia del servidor. Al constatar que la entidad era visualizada en el *software*, el helicóptero se fue desplazando en una trayectoria ascendente y se alejó cada vez más hasta llegar a los 4.500 pies y 40 km de distancia de la torre de control, lugar en el que estaba el puesto de monitoreo, y por una ruta de 90 km de desplazamiento por 30 minutos de vuelo.

### 3.1. IMÁGENES DE LA PRUEBA DE VUELO E INTEGRACIÓN CON EL SIMULADOR CONSTRUCTIVO



Figuras N° 7 y N° 8: "Aplicación LVC (izquierda) e imagen de los datos recibidos (derecha) en el servidor".

Fuente: elaboración propia.

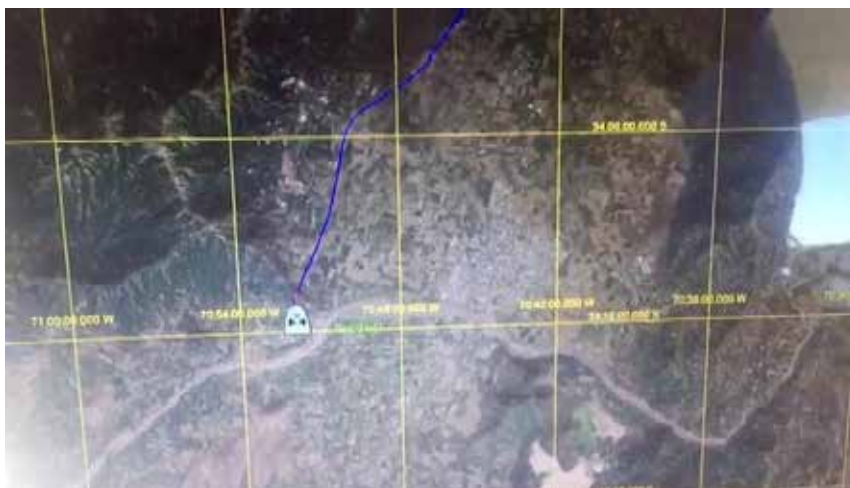


Figura N° 9: "Imagen del seguimiento en vivo desde la torre de control del MD-530 sobre el software VRF".

Fuente: software VRF.



Figura N° 10: "Equipo del CEMSE, pilotos y personal de apoyo de la BAVE".

Fuente: archivo de los autores.

## 4. CONCLUSIONES

El desarrollo de aplicaciones y herramientas para ser utilizadas por la Fuerza Terrestre es una capacidad que nuestra institución requiere cada vez más, debido al crecimiento exponencial de las TICs y de la demanda de los integrantes que cada vez son más nativos de las tecnologías, lo que les facilita el proceso de instrucción y entrenamiento en los distintos niveles de la conducción. Es así como la simulación cobra vital importancia a la hora de pensar y analizar las alternativas para mantener una fuerza preparada para operar en cualquier situación y en cualquier escenario, lo importante será contar con personal y medios preparados para ofrecer a nuestra fuerza las herramientas necesarias para que, cuando sea la oportunidad de emplearse, exista una mínima brecha entre lo preparado y lo que deberán enfrentar en un eventual conflicto armado o un desastre natural.

Es así como el desafío de realizar desarrollos que puedan tener un impacto en las capacidades de nuestra FT se hace presente por medio de potenciar herramientas simples, pero que demandan una alta preparación profesional, lo que, a su vez, tendrá un fuerte impacto en el mejor uso de las tecnologías, tanto las adquiridas como las desarrolladas, tal como se ha presentado en el presente artículo.

Esta herramienta tiene un alto valor, debido a que su desarrollo es innovador y vanguardista en Latinoamérica, por cuanto se ha integrado en un *software* de simulación adquirido por el Ejército la capacidad de visualizar en tiempo real señales de unidades desplegadas en el terreno.



Su utilidad es infinita, dependiendo de las necesidades y alcances que se consideren para ello, entre los que cuentan: ejercicios militares; entrenamiento de cuarteles generales; operaciones militares distintas a la guerra; entrenamiento en emergencias como panorama operacional común; seguimiento de unidades logísticas; monitoreo de unidades aerotransportadas; búsqueda y rescate de civiles y unidades militares; reporte de accidentes en campaña para la toma de decisiones; columnas logísticas; identificación de unidades; revista después de la acción; comprobación de planificación; entre otras. Ahora solo queda buscar todas las posibilidades para que esta herramienta sea implementada y continuar con su desarrollo con la finalidad de hacer de la aplicación un sistema más robusto tecnológicamente y que no se limite a un solo tipo de dispositivo, debido a que existen otras tecnologías que podrían incrementar su potencial.

Continuar con la investigación aplicada como se ha presentado es fundamental para nuestra institución, debido al avance progresivo de las TICs y a que el desarrollo del *software* dejó de ser una caja negra para nuestro país. Hoy se cuenta con personas capacitadas y especializadas que tienen las herramientas para innovar en pos de la mejora continua de nuestros recursos para tener una Fuerza Terrestre más preparada y entrenada.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] BUXBAUM, Peter (2015). *LVC for Integrated Training*. Forest Hill: Military Training International.
- [2] CHILE. Centro de Modelación y Simulación del Ejército. *Definición de la metodología de incorporación de simulación en vivo y virtual en sistema de simulación constructivo de comprobación de planificación*. Santiago: CEMSE, DIVDOC, 2016.
- [3] KELLY, M. J. (1997). *The Application of Live, Virtual and Constructive Simulation to training for Operations Other Than War*. Adelaide: Simulation Industry Association of Australia.
- [4] HILL, Raymond y HODSON, Douglas. *The art and science of live, virtual, and constructive simulation for test and analysis*. Dayton: *The Journal of Defense Modeling and Simulation*, 2014.
- [5] SOKOLOWSKI, John A. (2012). *Handbook of Real-World Applications in Modeling and Simulation*. Hoboken: Wiley.
- [6] TOLK, Andreas (2012). *Engineering Principles of Combat Modeling and Distributed Simulation*. Hoboken: Wiley.