

1.7

# La simulación como herramienta para planificar el uso de agentes QBN

Por el Coronel Rafael Mario Olivieri\*

## Introducción

Los militares tienen una larga y rica historia de uso de modelos y simulaciones. Solo el ejército de los Estados Unidos gasta cientos de millones de dólares en la adquisición, diseño, instalación y operación de sistemas de simulación. Esta situación se repite en los principales ejércitos del mundo. Nuestro Ejército realizó un importante esfuerzo en las últimas décadas por desarrollar y consolidar el empleo de estos sistemas para entrenamiento y para apoyar el proceso de toma de decisiones.

En tanto, la planificación del uso de agentes QBN requiere de herramientas que permitan predecir sus alcances, la magnitud de sus efectos o su persistencia temporal sin recurrir a experimentos reales que podrían tener consecuencias impredecibles y costosas, por las graves consecuencias que puede ocasionar la realización de un experimento a escala real.

En 1942 con la Segunda Guerra Mundial en curso, se llevaron a cabo varias pruebas biológicas por parte de científicos militares británicos del Departamento de Biología de Porton Down. El Gobierno Británico estuvo investigando la viabilidad de un ataque químico con ántrax, y realizó un experimento en la isla de Gruinard. Como consecuencia, permaneció cerrada y deshabitada hasta su descontaminación y apertura en 1990.

Por tal motivo, adquiere particular importancia la simulación. La simulación es un proceso que permite diseñar y desarrollar un modelo a partir de un sistema real para realizar experimentos con él, en lugar de hacerlo con el sistema real, y cuya finalidad es comprender el comportamiento del sistema o bien evaluar nuevas estrategias para su funcionamiento.

Un modelo es un esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja que se elabora para facilitar su comprensión y para el estudio de su comportamiento. Los modelos sirven para responder a cuestiones sobre la realidad que no serían accesibles mediante la experimentación directa y su utilidad para conocer o predecir está condicionada por la selección de los factores relevantes para el problema y por la adecuada descripción de las relaciones funcionales. Al construirlo se aplican hipótesis de simplificación, puesto que resulta imposible considerar todas las condiciones reales. En ocasiones, si se hace una mala simplificación, algunas de estas condiciones o variables pueden adquirir relevancia y, en este caso, el modelo falla y no representa al sistema real.

Existen diferentes métodos para simular, en general modelos matemáticos, como el método que emplea la ecuación de distribución normal gaussiana para determinar la variación de las concen-

traciones de contaminantes en la atmósfera, el modelo para epidemias SIR por S (población susceptible), I (población infectada) y R (población recuperada), los métodos de Poisson Runge-Kutta y el método de Euler equilibrado, entre otros.

Pero también existen métodos no matemáticos, particularmente útiles para simular procesos que no pueden caracterizarse mediante modelos matemáticos, como la simulación por agentes, que podemos definir inicialmente como entidades de software con un comportamiento definido que interactúan entre sí, como una colonia de hormigas.

## Modelado de sistemas

Como dijimos, un modelo es una representación de la realidad. Así, el modelo de un barco será una representación a escala del respectivo barco de tamaño real, y una fotografía puede considerarse un modelo de la escena que se fotografió.

Al construirlo se aplican hipótesis de simplificación, y esto es particularmente importante y relativo a la calidad, objeto y alcance del modelo. Por ejemplo, en una clase de física podemos describir el tiro en el vacío, en el cual solo se consideran parámetros principales que sirven para describir la trayectoria del proyectil en su forma conceptual, pero habrá que considerar más datos, como fuerza y dirección del viento, efecto de la rototraslación terrestre y otras si se quiere predecir un tiro a la distancia de varios kilómetros con buena precisión.

Por otro lado, incluir demasiadas variables en el modelo genera una excesiva complejidad y costo, que no garantiza tampoco su calidad. Existe un lugar de equilibrio donde prevalece la simplicidad.

En este punto entonces, será importante el análisis de la realidad a simular y que las hipótesis de simplificación elegidas sean adecuadas al objetivo, alcance y calidad del modelo.

Posteriormente se considerará el paradigma o metodología para el modelo. Siempre pensamos en “modelos matemáticos”, pero no todos los modelos matemáticos pueden satisfacer nuestros objetivos, y existen otros “no matemáticos” y opciones mixtas.

Para realizar una simulación es necesario recorrer una serie de etapas, que van desde la formulación del problema a resolver, definición del estudio a realizar hasta el análisis de los resultados del modelo. No es motivo de este trabajo detallar todo el proceso, pero sí dejar claro que se trata de un proceso metódico sistemático, como así también el empleo del modelo y la interpretación de sus resultados. Cualquier modelo o sistema de simulación mal empleado conducirá a resultados que no reflejarán el comportamiento del sistema real.

## Estado del arte

En la actualidad, la simulación es ampliamente empleada en diferentes disciplinas, ciencia, educación, negocios, industria, planeamiento urbano, arquitectura, medicina, etc., y obviamente la guerra.

Para cada una de ellas existen modelos, herramientas y técnicas que se adaptan a cada actividad particular. Todos sacan provecho de ella y adaptan su concepto a sus necesidades particulares. Destacamos a continuación algunas clasificaciones, tan diferentes como útiles a determinadas necesidades.

## Modelos matemáticos y no matemáticos

En este punto, podemos establecer algunas diferencias entre paradigmas matemáticos y no matemáticos.

En los sistemas basados en ecuaciones, la dinámica global del sistema se define a priori utilizando las relaciones matemáticas entre las propiedades del sistema global (por ejemplo, el número total de individuos). El resultado se obtiene por la aplicación de estas ecuaciones.

En los modelos no matemáticos, de los cuales los sistemas basados en agentes son los más importantes, se modelan las entidades que interactúan y su dinámica (por ejemplo, las características individuales y comportamientos, acciones e interacciones entre los organismos y el medio ambiente, etc.). De esta forma, el comportamiento global del sistema se obtiene como resultado de estas dinámicas a nivel agentes y emerge como resultado de esa interacción.

## Tipos de simulación

Existe también otra forma de clasificación de los sistemas de simulación, a saber:

- > **Simulación discreta:** Se trata de la modelación de un sistema por medio de una representación en la cual el estado de las variables cambia por saltos de tiempo determinados o instantes. (En términos matemáticos el sistema solo puede cambiar en instantes de tiempo dados).
- > **Simulación continua:** Es la forma de modelar un sistema por medio de una representación en la cual las variables de estado cambian continuamente en el tiempo. Típicamente, los modelos de simulación continua involucran ecuaciones diferenciales que determinan las relaciones de las tasas de cambios de las variables de estado en el tiempo.
- > **Simulación combinada discreta-continua:** Es el modelado de un sistema por medio de una representación en la cual unas variables de estado cambian continuamente con respecto al tiempo y otras cambian instantáneamente en instantes de tiempo dados.  
Es una simulación en la cual interactúan variables de estado discretas y continuas.
- > **Simulación determinística y/o estocástica:** Una simulación determinística es aquella que utiliza únicamente datos de entrada determinísticos, no utiliza ningún dato de entrada azaroso. En cambio, un modelo de simulación estocástico incorpora algunos datos de entrada azarosos al utilizar distribuciones de probabilidad.
- > **Simulación estática y dinámica:** La simulación estática es aquella en la cual el tiempo no juega un papel importante, en contraste con la dinámica en la cual sí es muy importante.
- > **Simulación con orientación hacia los eventos:** Se realiza con un enfoque hacia los eventos, en el cual la lógica del modelo gira alrededor de los eventos que ocurren instante a instante, registrando el estado de todos los eventos, entidades, atributos y variables del modelo en todo momento.
- > **Simulación con orientación hacia procesos:** Con un enfoque de procesos, en el cual la lógica del modelo gira alrededor de los procesos que deben seguir las entidades. Está basado en un esquema de flujo gramado de procesos.

## Herramientas que más se adaptan a las necesidades de la guerra QBN

En general, existe poca información sobre aplicaciones militares para guerra QBN, en consecuencia, trataremos de destacar las que consideramos pueden adaptarse mejor para este uso.

Según Joel Jardim “Se define como guerra biológica el uso intencional de organismos vivos o sus productos tóxicos para causar muerte, invalidez o lesiones en el hombre, animales o plantas. Su objetivo es el hombre, ya sea causando su muerte o enfermedad o a través de la limitación de sus fuentes de alimentación u otros recursos agrícolas. El hombre debe sostener una continua batalla para mantenerse y defenderse a sí mismo, a sus animales y a sus plantas, en competencia con insectos y microbios. El objeto de la guerra biológica es malograr estos esfuerzos mediante la distribución deliberada de gran número de organismos de origen local o foráneo, o sus productos tóxicos, haciendo uso para ello de los medios más efectivos de diseminación y utilizando puertas de entrada inusuales. La guerra biológica ha sido adecuadamente descrita como salud pública al revés”.

Por otro lado, la detonación de un arma nuclear produce efectos físicos, caracterizados por su radiación térmica y de la explosión en sí, más otros de tipo biológicos por la explosión, como la compresión de órganos en las personas, y otros de tipo biofísicos y biológicos debido a la radiación ionizante generada por la detonación. En este caso el objetivo es el hombre, pero también la inutilización o destrucción de los recursos materiales del enemigo.

En cualquiera de los dos casos, la simulación debe enfocarse en los objetivos de cada arma, y mostrar cuáles serían los efectos de su empleo. Los recursos informáticos y los métodos científicos que pueden emplearse son los mismos que se emplean en simulaciones científicas, educativas, o de defensa civil frente a catástrofes naturales o antrópicas. Sola basta la adaptación al arma que se quiere simular.

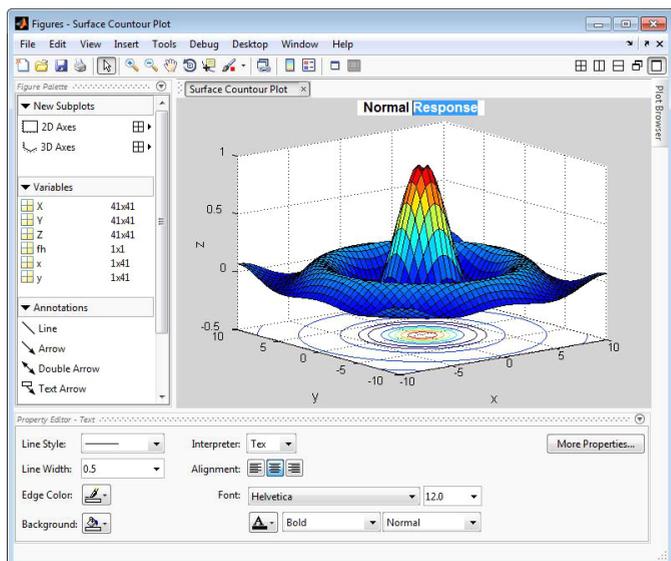
Por otro lado, los principales recursos informáticos se pueden integrar modularmente para obtener la aplicación requerida. Por ejemplo, una base de datos, un servidor de aplicaciones, una interfaz gráfica, un simulador y un sistema de información geográfica pueden integrarse en una aplicación. Todos estos componentes existen independientemente, están suficientemente probados y existen herramientas de desarrollo que permiten integrarlos en una aplicación agregando la lógica requerida.

En esa línea, existen aplicaciones propietarias o bajo licencia y otras con licencia libre, en general GNU o GPL (General Public License). Las propietarias son cerradas, no se pueden modificar, pero sí emplear componentes de las mismas o generados con ellas bajo los términos de la licencia del fabricante. En cambio, las licencias GPL, muy difundidas, permiten su uso libre, y la modificación del código para uso propio.<sup>1</sup>

## Ejemplos de herramientas para simular sistemas:

> MATLAB (MATrix LABoratory) es un sistema de cómputo numérico que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio. Está disponible para las plataformas Unix, Windows, macOS y GNU/Linux. Dispone de dos herramientas adicionales, Simulink (plataforma de simulación multidominio) y GUI-DE (editor de interfaces de usuario - GUI). Contiene herramientas y funciones para simulaciones físicas y biológicas. Cuenta con interfaces para conectar con otras aplicaciones y es una aplicación propietaria.

En particular, el componente Simulink permite el modelado de sistemas físicos, eléctricos, fluidos y otros, y dispone de módulos funcionales que se pueden interconectar para simular el comportamiento de un sistema complejo.



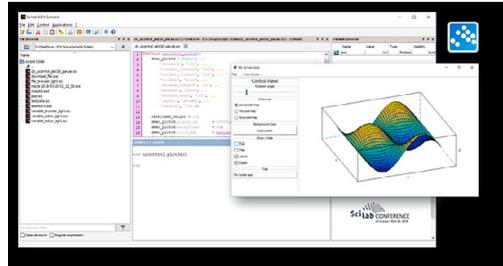
<sup>1</sup> <https://www.gnu.org/licenses/licenses.es.html>

MATLAB es un producto propietario de Mathworks, y los usuarios están sujetos al uso de licencia y pueden ser bloqueados por el vendedor si no se valida correctamente. Existen licencias preferenciales, más económicas para uso educativo.<sup>2</sup>

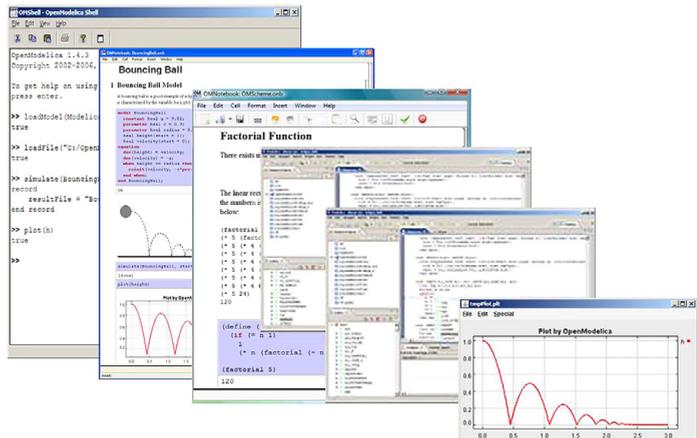
- > SCILAB es un software para análisis numérico, con un lenguaje de programación de alto nivel para cálculo científico. Es desarrollado por Scilab Enterprises, bajo la licencia CeCILL, compatible con la GNU General Public License.

Las características de Scilab incluyen análisis numérico, visualización 2-D y 3-D, optimización, análisis estadístico, diseño y análisis de sistemas dinámicos, procesamiento de señales, e interfaces con Fortran, Java, C y C++, mientras que la herramienta Xcos permite una interfaz gráfica para el diseño de modelos de forma similar al Simulink. Es similar a Matlab pero libre. Es un desarrollo promovido en Francia por el INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique)..

Tiene amplio uso y difusión como alternativa a Matlab en Europa, Rusia, China y Canadá como países de mayor uso.<sup>3,4</sup>



- > OPEN MODELICA es un software de código abierto basado en el lenguaje de modelado Modelica para modelar, simular, optimizar y analizar sistemas dinámicos complejos. Este software es desarrollado activamente por Open Source Modelica Consortium, una organización no gubernamental sin fines de lucro. El Open Source Modelica Consortium se ejecuta como un proyecto de RISE SICS East AB (RISE es el instituto de investigación de Suecia y socio de innovación) en colaboración con la Universidad de Linköping, Suecia)<sup>5,6</sup>



- > El paquete de software CAMEO® es un sistema de aplicaciones de software que se utiliza ampliamente para planificar y responder a emergencias químicas. Es una de las herramientas

<sup>2</sup> <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

<sup>3</sup> <https://www.scilab.org/>

<sup>4</sup> <https://www.inria.fr/fr>

<sup>5</sup> <https://openmodelica.org/>

<sup>6</sup> <https://liu.se/en>

tas desarrolladas por la EPA (United States Environmental Protection Agency) y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) para ayudar a los planificadores y respondedores de emergencias químicas de primera línea. Pueden usar CAMEO para acceder, almacenar y evaluar información crítica para desarrollar planes de emergencia. Además, CAMEO respalda el cumplimiento normativo al ayudar a los usuarios a cumplir con los requisitos de informes de inventario de sustancias químicas de la Ley de Planificación de Emergencias y Derecho a Saber de la Comunidad.

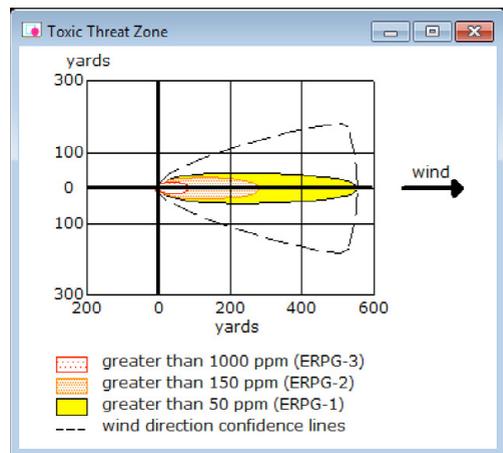
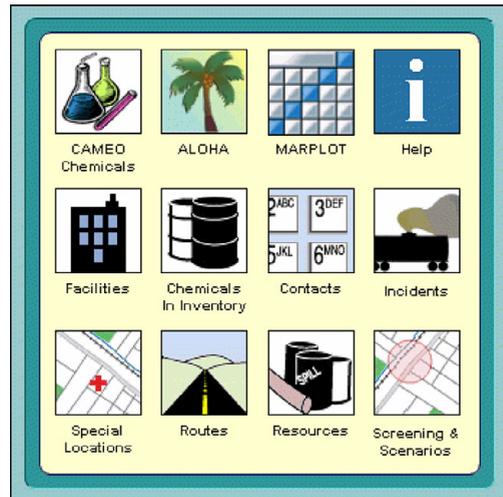
El sistema CAMEO integra una base de datos de productos químicos y un método para administrar los datos, un modelo de dispersión de aire y una capacidad de mapeo. Todos los módulos funcionan de forma interactiva para compartir y mostrar información crítica de manera oportuna. El sistema CAMEO está disponible en formatos Macintosh y Windows.

CAMEO incluye: bases de datos, modelo de dispersión de gas tóxico llamado ALOHA y un programa para trazar un mapa llamado MARPLOT (Mapping Applications for Response, Planning, and Operational Tasks).<sup>7</sup>

- > ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) es una aplicación para computadora diseñada para modelar las liberaciones de sustancias químicas en un espacio libre para uso en la planificación en respuesta a emergencias. Puede estimar cómo una nube tóxica podría dispersarse después de una liberación química, así como varios escenarios de incendios y explosiones.

ALOHA está diseñado para producir resultados razonables lo suficientemente rápido como para ser de gran utilidad en la respuesta ante una emergencia real. Integra sistemas de información geográfica (SIG) y bases de datos de sustancias peligrosas entre sus principales características.

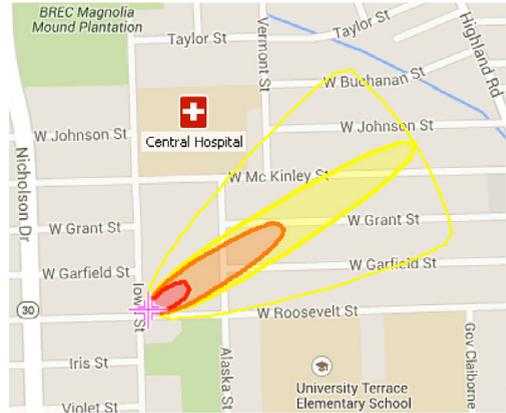
Es libre y parte de una suite más completa, CAMEO, desarrollada por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) and the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos.



<sup>7</sup> <https://www.epa.gov/cameo>

- > MARPLOT MARPLOT® es el programa de mapeo para el paquete de software CAMEO® que se usa ampliamente para planificar y responder a emergencias químicas.

La interfaz GIS fácil de usar de MARPLOT permite agregar objetos a un mapa, así como ver y editar datos asociados con los objetos. Se puede elegir entre varias imágenes de mapa base de fondo y personalizar aún más el mapa con anotaciones y capas en línea de Web Mapping Services. También se puede interactuar con el mapa de otras formas, como obtener estimaciones de población dentro de un área. MARPLOT se puede ejecutar por sí mismo como un programa de mapeo general. También se puede utilizar de forma interactiva con los programas de la suite CAMEO para mostrar estimaciones de zonas de amenaza ALOHA® en el mapa o para vincular objetos del mapa a registros de bases de datos en CAMEO.



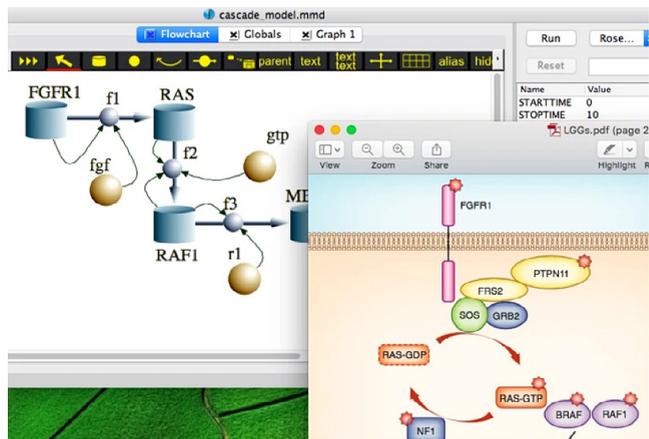
- > BERKELEY MADONNA Es un software de modelado matemático, desarrollado en la Universidad de California en Berkeley. Resuelve numéricamente ecuaciones diferenciales ordinarias y ecuaciones diferenciales, desarrolladas originalmente para ejecutar programas STELLA.

Fue desarrollado originalmente para modelar y visualizar reacciones químicas, pero se desarrollan fácilmente también modelos de contagio, como el SIR.

Su fuerza radica en una sintaxis relativamente simple para definir ecuaciones diferenciales junto con una interfaz de usuario simple pero potente. En particular, Berkeley Madonna proporciona la facilidad de poner parámetros en un control deslizante que a su vez puede ser movido por un usuario para cambiar el valor. Dichas visualizaciones permiten evaluaciones rápidas.

Se obtiene bajo licencia a un costo relativamente bajo.<sup>8</sup>

- > SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) es un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos que están vinculados a una referencia espacial, lo que facilita la incorporación de aspectos sociales, culturales, económicos, militares, ambientales y otros facilitan notablemente la toma de decisiones.



<sup>8</sup> <https://berkeley-madonna.myshopify.com/>

En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

La tecnología de los SIG puede ser utilizada para investigaciones científicas, la gestión de los recursos, la gestión de activos, la arqueología, la evaluación del impacto ambiental, la planificación urbana, la cartografía, la sociología, la geografía histórica, el marketing, la logística y, por supuesto, la militar. De hecho, el SIG es uno de los componentes principales de un sistema de comando y control moderno.

Un SIG podría permitir a los grupos de emergencia calcular fácilmente los tiempos de respuesta en caso de un desastre natural, conectado con cualquier sistema de simulación o con información proveniente de sensores reales distribuidos en el terreno.

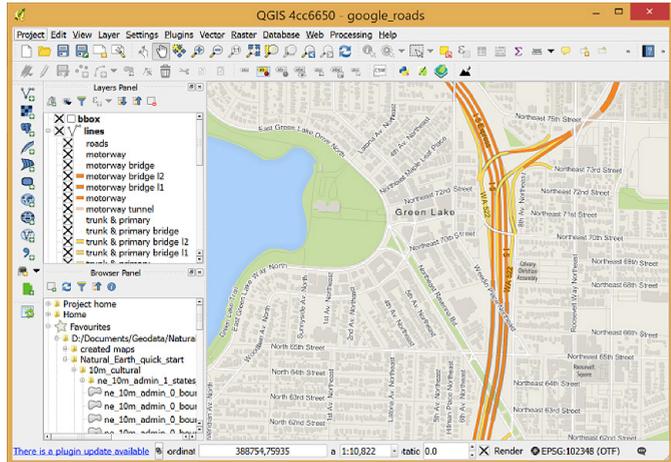
El SIG funciona como una base de datos con información geográfica que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de los mapas digitales. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en el mapa.

Tienen en la actualidad amplia difusión, desde aplicaciones en la web, como Google Maps hasta diversos sistemas de licencia propietaria y libre, disponibles para uso directo o como componentes de código documentado para que los desarrolladores de software puedan integrarlo en sus aplicaciones. Esta última opción es particularmente importante para su empleo en simuladores para guerra QBN.

Entre los más importantes, podemos mencionar:

- > Esri (Environmental Systems Research Institute) con ArcGIS y otros productos con licencia.<sup>9</sup>
- > QGIS (Quantum GIS) es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de software libre para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android.<sup>10</sup>
- > gvSIG abrevia la denominación Generalitat Valenciana Sistema de Información Geográfica.<sup>11</sup>
- > EOSDIS (Earth Observing System Data and Information System) de la NASA.<sup>12</sup>

Entre otros



<sup>9</sup> <https://www.esri.es/es-es/home>

<sup>10</sup> <https://www.qgis.org/es/site/>

<sup>11</sup> <http://www.gvsig.com/es>

<sup>12</sup> <https://earthdata.nasa.gov/eosdis>

**Ejemplos de herramientas para desarrollar sistemas:**

Además de los compiladores tradicionales como C, C++ y Fortran para diferentes sistemas operativos, existen otras de más alto nivel que permiten desarrollos específicos en forma más rápida, entre ellos:

- > FIPA: La Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA) es un organismo para el desarrollo y establecimiento de estándares de software para agentes heterogéneos que interactúan y sistemas basados en agentes.

FIPA fue fundada como una organización suiza sin ánimo de lucro en 1996 con el ambicioso objetivo de definir un conjunto completo de normas para la implementación de sistemas en los que se puedan ejecutar agentes (plataformas de agentes) y especificación de cómo los propios agentes se deben comunicar e interactuar. Tiene varios usos, y la simulación es uno de ellos.<sup>13</sup>

- > JAVA: es una máquina virtual que actualmente mantiene Oracle, para la mayoría de los sistemas operativos, incluso dispositivos móviles. Está asociada a un lenguaje de programación “Java” que permite desarrollar aplicaciones portables, es decir, que pueden correr en cualquier máquina que tenga instalada la máquina virtual de Java o runtime. Es ampliamente difundido y se destaca porque se logran desarrollos rápidos y por la calidad de sus recursos gráficos y posibilidades de integración con otros componentes, por ejemplo, los sistemas de información geográfica desarrollados en Java como gvSIG.<sup>14</sup>

- > PYTHON: es un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en la legibilidad de su código. Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Es un lenguaje interpretado, dinámico y multiplataforma, es decir, tiene intérpretes en diferentes sistemas operativos, lo que lo hace igualmente multiplataforma.

Tiene buenos recursos gráficos, de red y de base de datos entre otros.

El sistema de simulación para apoyo a las operaciones frente al COVID 19 desarrollado por la FIE emplea este recurso.<sup>15</sup>

**Antecedentes en el Ejército Argentino**

En el Ejército Argentino la simulación se emplea básicamente como herramienta para el entrenamiento. En ese sentido, se destacan dos importantes tipos de simulación, la simulación virtual y la simulación constructiva.

Típicamente, la primera se emplea para entrenar al personal con material simulado en un entorno simulado o sintético. Como ejemplos tenemos el entrenamiento con simuladores de vuelo para aeronaves y el tiro de armas portátiles o artillería, dónde las armas, el terreno y el contexto son simulados.

Mientras que la simulación constructiva se emplea para entrenar grupos humanos, como estados mayores, niveles de comando, fracciones y otros en la conducción y toma de decisiones con equipos simulados en un ambiente también simulado. En este grupo de aplicaciones tenemos desarrollos propios por parte del Centro de Investigación y Desarrollo de Sistemas Operacionales (CIDESO

<sup>13</sup> <http://www.fipa.org/>

<sup>14</sup> [https://www.java.com/es/about/whatis\\_java.jsp](https://www.java.com/es/about/whatis_java.jsp)

<sup>15</sup> <https://www.python.org/>

– dependiente de la Dirección General de Investigación y Desarrollo) como Batalla Virtual, Simupaz o Emercat. En estos sistemas se desarrolla un ejercicio planificado, y el sistema genera estímulos o situaciones simuladas, frente a las cuales los roles entrenados adoptan decisiones. Esas decisiones modifican la situación o el entorno y motivan nuevas respuestas del sistema, logrando realismo y aprendizaje.

El caso particular de Emercat (Emergencias y Catástrofes) es el sistema de entrenamiento derivado de Batalla Virtual que permite el entrenamiento de Estados Mayores o cualquier centro de comando o grupo de personas en respuesta a emergencias y catástrofes naturales o antrópicas. Justamente este sistema está destinado entre otros, a la respuesta ante cualquier desastre o catástrofe producida por agentes QBN.<sup>16</sup>

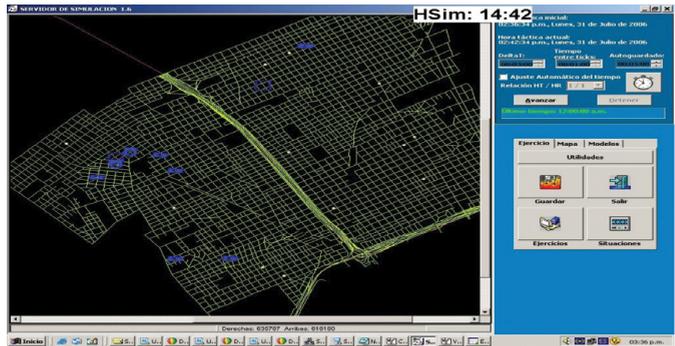
¿Cómo lo hace? Mediante la ejecución de un ejercicio planificado, en el cual se imponen situaciones a los roles entrenados, que actúan como estímulos al proceso de toma de decisiones, las cuales son convenientemente evaluadas para la revisión o crítica, y para generar lecciones aprendidas. Este sistema se puede combinar con el empleo de otros, para mayor realismo, como la ejecución de simulaciones específicas con Aloha (ya descripto), que permiten evaluar las consecuencias de las decisiones adoptadas o no.

En septiembre de 2008 se realizó un ejercicio simulando un accidente con sustancias químicas en la Fábrica Militar Río Tercero, con la participación del personal de la fábrica mencionada, de Atanor, Weatherford, PIII, y la Municipalidad de Río Tercero entre otros, donde se expuso la idea y se probó con éxito el sistema.

Emercat se encuentra provisto, junto con Batalla Virtual al Ejército Argentino para apoyar los requerimientos de entrenamiento de Estados Mayores de la Fuerza.

También, en esa época se desarrollaron reuniones con Autoridad Regulatoria Nuclear – Centro de Control de Emergencias para el uso del sistema.

Por otro lado, recientemente la Facultad de Ingeniería del Ejército “General de División Manuel Nicolás Savio” con la participación de docentes y



<sup>16</sup> [http://www.iese.edu.ar/eude/revistas/rue\\_10.html](http://www.iese.edu.ar/eude/revistas/rue_10.html)

alumnos de la carrera de Ingeniería Informática desarrolló un sistema de simulación destinado al apoyo en la toma de decisiones de las diferentes instancias que conducen la operaciones de apoyo a la comunidad en el marco de la pandemia de COVID 19. Este sistema permite evaluar las posibilidades de contagio del personal que participa de estas operaciones en sus diferentes roles.

El sistema se basa en el modelo SIR (susceptible – Infectado – Recuperado) y participó en su desarrollo personal militar, médicos militares y otros expertos consultados para crear un modelo que se adapte a la realidad propia.<sup>17</sup>

## Conclusiones

En este informe solo destacamos los recursos y herramientas más conocidos y populares, aunque no todos, con lo que podemos concluir que contar con sistemas de simulación para operaciones QBN, tanto para planificar el ataque, como la defensa, no es una limitación para nadie.

El conocimiento está ampliamente difundido, y solo las herramientas informáticas gratuitas sirven para desarrollar software de excelente nivel y calidad, con solo dedicar recursos humanos competentes que implementen buenas prácticas en el análisis y definición del modelo, y posteriormente en el desarrollo informático y pruebas que lo avalen.

El Ejército Argentino cuenta con experiencia y recursos que puede poner en movimiento como la Facultad de Ingeniería del Ejército “General de División Manuel Nicolás Savio” y el CIDESO (dependiente de la DIGID – Dirección General de Investigación y Desarrollo y laboratorio asociado a la FIE).

Adicionalmente existen numerosos recursos a nivel nacional CITEDEF, las demás Fuerzas Armadas, Universidades, empresas públicas o privadas y particulares especialistas con los cuales se pueden formular convenios o contratos a la hora de liderar cualquier iniciativa para desarrollar cualquier sistema de simulación particular. 

---

---

(\*) **Rafael Mario Olivieri** es Coronel del Ejército Argentino en situación de retiro, promoción 116, Arma de Comunicaciones, Ingeniero Militar especialidad Informática, Especialista en Redes de Datos, Analista del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar “Grl Mosconi” de la FIE.

Se desempeñó en diferentes proyectos de desarrollo de software y comunicaciones en el Ejército Argentino, profesor de Sistemas Operativos, Comunicaciones, Redes y Teoría de Control; ha realizado publicaciones sobre su especialidad.

<sup>17</sup> <http://www.fie.undef.edu.ar/>