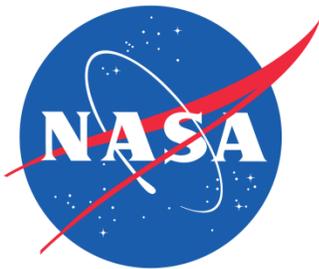


AEM

AGENCIA
ESPACIAL
MEXICANA



Reporte de estancia del verano de 2016 en NASA Ames Research Center

Guillermo Miguel Del Castillo Hoffman
Diciembre 2016



Sumario

Introducción.....	1
Proyectos realizados	5
QuakeHunter.....	6
WorldWeather	7
SpaceBirds.....	9
Detalles técnicos	10
Diseño	10
Obtención de datos.....	11
Procesamiento de datos	11
Despliegue.....	12
Presentaciones del trabajo realizado.....	13
Washington DC	13
NASA Ames Research Center	13
Sudio Arts College International, Florencia	14
NASA World Wind Europa Challenge, Trento	15
Instituto de Investigación y Desarrollo de la Armada de México, Veracruz	16
Actividades generales	20
Resultados, comentarios personales y planes futuros	22
Agradecimientos	24

Introducción

En el presente reporte se realizará una reseña de la estancia corta en el Centro de Investigación Ames de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), localizado en Mountain View, California, en medio del llamado Valle del Silicio. Se envió al estudiante mexicano, Guillermo Miguel Del Castillo Hoffman, estudiante de Ingeniería en Computación de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, y previo prestador de servicio social en la Agencia Espacial Mexicana, quien analizará y hará una relación de lo sucedido en la estancia, así como justificará su participación como un impacto positivo para México.

La estancia en NASA Ames comprendió el periodo entre el 6 de junio hasta el 13 de septiembre del año en curso (2016). Posteriormente, se participó en un concurso relacionado con los proyectos realizados en Italia, realizándose un viaje a este país desde el 14 al 23 de septiembre. A partir de entonces se han

realizado actividades relacionadas en México, incluyendo una visita a un centro de investigación y desarrollo de la Secretaría de Marina – Armada de México en Veracruz, desde el 24 al 29 de octubre.

2

La convocatoria para la estancia fue publicada por la Agencia Espacial Mexicana en diciembre del 2015¹, lográndose el apoyo de la institución educativa del estudiante, la Universidad Autónoma Metropolitana. Dificultades no previstas se presentaron en el proceso de selección para obtener la estancia. El proyecto seleccionado por el estudiante, una simulación computacional de un sistema de remoción de escombros², resulta ser inexistente, y la doble nacionalidad (mexicana y estadounidense) del estudiante, también resulta ser un punto de controversia por parte de la agencia espacial estadounidense. Finalmente, y en parte gracias al apoyo de la Agencia Espacial Mexicana, se logra la obtención de la estancia bajo un nuevo proyecto. Durante la mayor parte de la estancia, el alumno se aloja junto con Edgar González Zaleta, estudiante mexicano de Ing. Mecatrónica del Tecnológico de Altamira.

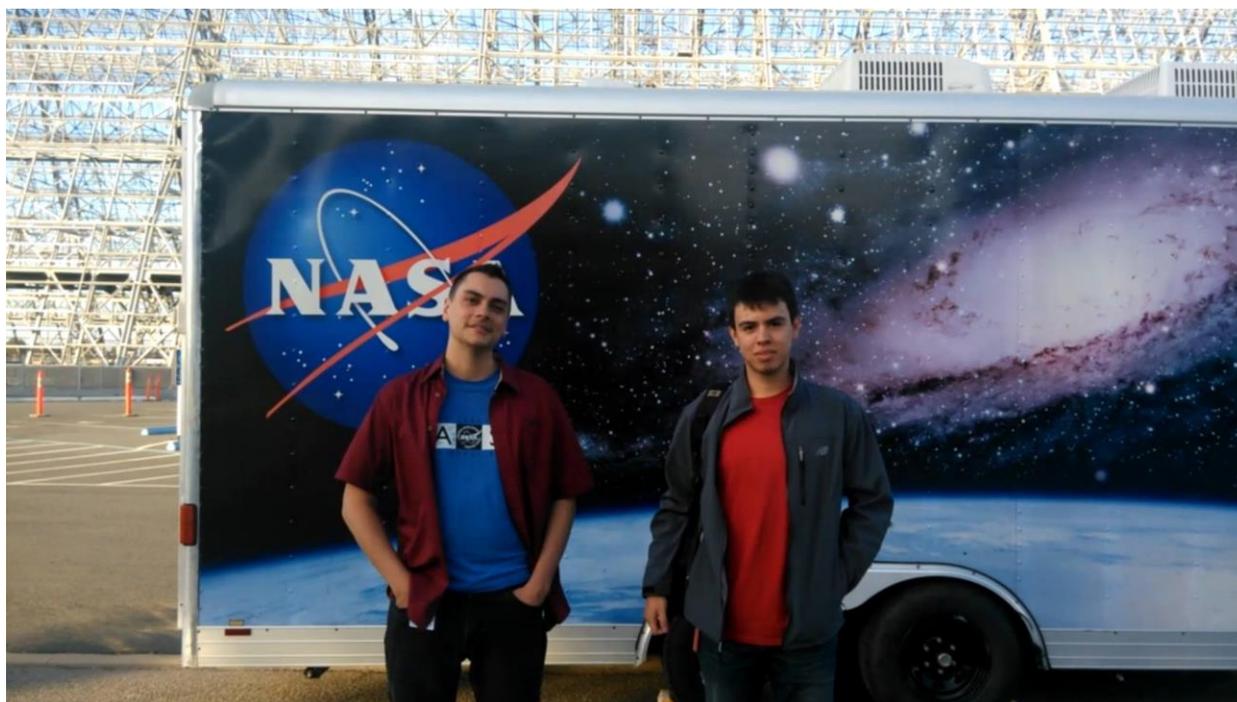


Fig.1. Edgar González y el autor.

El proyecto en el que finalmente se participa, es un globo terráqueo virtual con la capacidad para realizar aplicaciones de software sobre éste, volviéndolo un *framework*. El nombre de este globo es NASA World Wind³.

¹ <http://www.educacionespacial.aem.gob.mx/estancias-nasa-ames.html>

²

http://www.educacionespacial.aem.gob.mx/images/estancias/20151124%20ANEXO%20II%20CONVOCATORIA%20ESTANCIAS%20NASA_dise.pdf (pp. 19)

³ <https://worldwind.arc.nasa.gov/>

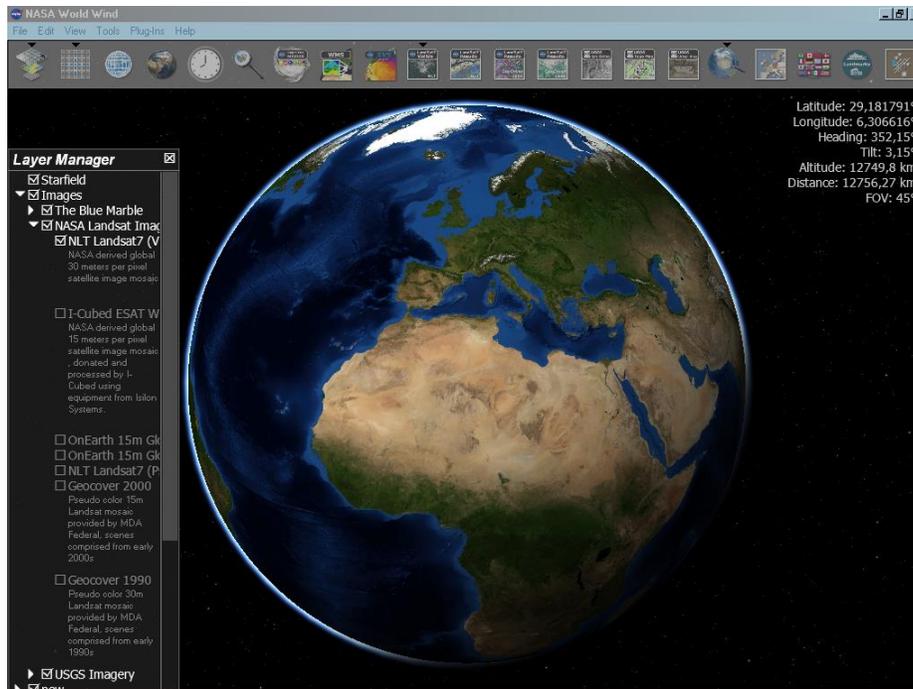


Fig.2. World Wind Java.

World Wind inicia en el 2003 por iniciativa de su actual *Project Manager*, Patrick Hogan⁴, como un proyecto de software educativo de NASA Learning Technologies de la oficina de educación de Ames Research Center. Fue el primer software desarrollado por NASA en publicarse con una licencia de código abierto (*NASA Open Source Agreement*)⁵ para su modificación y desarrollo por parte del público general. Desarrollado en C#, rápidamente se observa su potencial en la entonces incipiente área de desarrollos de sistemas de información geoespaciales (GIS por sus siglas en inglés). De tal modo, World Wind se convierte en un software con un propósito similar a Keyhole, otro globo virtual de la época que fue posteriormente fue adquirido por Google y sirvió como base para Google Earth.

Posteriormente, WorldWind se reescribe en Java para volverlo una aplicación de escritorio multiplataforma, siendo que la primera versión únicamente funcionaba bajo Windows. El Departamento de Defensa de los Estados Unidos adapta dicha versión para Android, también en Java, pero en un entorno móvil. (En lo sucesivo, cuando sea mencionada la versión de Java, será refiriéndose exclusivamente a la versión para computadoras de escritorio), realizando una versión divergente del desarrollo principal de la NASA. Cuando la agencia espacial cae en la cuenta de la existencia de este desarrollo móvil, deciden reescribir desde cero una nueva versión de World Wind para Android, de tal manera que los desarrollos de Java y Android avancen a la par, minimizando las divergencias.

Las versiones de Java y Android de World Wind, si bien no muy prevalentes en el ámbito GIS comercial de usuario final (donde Google y Microsoft acapararon el mercado, con Google Earth y Virtual Earth respectivamente), son bastante conocidas en el ámbito gubernamental, aeroespacial y de defensa,

⁴ <https://www.linkedin.com/in/phogan>

⁵ <https://opensource.org/licenses/NASA-1.3>

gozando de amplio uso en esos rubros. Organizaciones como Thales Group⁶, la Agencia Espacial Europea (ESA), Trilogis⁷, gvSIG⁸, la Administración Federal de Aviación⁹, el Departamento de Defensa de Estados Unidos, la Secretaría de Marina – Armada de México, y PEMEX utilizan World Wind.



Conforme han aumentado las capacidades de los navegadores web en la última década, así como la penetración de los servicios de Internet en el mundo, se ha vivido una tendencia de desarrollar aplicaciones que se ejecutan enteramente en un navegador, sin necesidad de instalar software en el equipo. Gran cantidad de software que otrora se ejecutaba de manera local, ahora tiene una versión web. Microsoft Office es un ejemplo de esto, con su versión online – es decir, que se ejecuta dentro de un navegador web, en lugar de una aplicación instalada en la computadora – introducida en 2010. World Wind no fue la excepción, y desde 2014 se inició el desarrollo de una versión Web, ejecutándose en el navegador sin necesidad de plugins adicionales (e.g. Java).

⁶ <https://www.thalesgroup.com/en>

⁷ <http://www.trilogis.it/>

⁸ <http://www.gvsig.com>

⁹ <https://www.faa.gov/>

Proyectos realizados

La versión Web de World Wind¹⁰, escrita enteramente en JavaScript y HTML5, fue el enfoque de la estancia en el Centro de Investigación Ames (ARC) de la NASA. A un equipo de 12 estudiantes, incluyendo al estudiante mexicano, se les encomendó el desarrollo de 3 aplicaciones construidas sobre Web World Wind. Enseguida se listan los tres desarrollos realizados. Todos son aplicaciones de visualización de datos sobre el globo terráqueo virtual.



Fig.3. Equipo de estancia de verano de World Wind en NASA Ames Research Center.

¹⁰ <https://worldwind.arc.nasa.gov/?root=web>

QuakeHunter

En QuakeHunter¹¹ se visualiza el historial de sismos a nivel global, desde 1925 hasta la actualidad, siendo éste el registro histórico de todos los sismos catalogados por el United States Global Survey (USGS)¹². La aplicación realiza peticiones a un servicio web REST de USGS de acuerdo con criterios seleccionados por el usuario, como magnitud, profundidad y un rango de tiempo, y los visualiza en el globo en sus coordenadas registradas¹³.

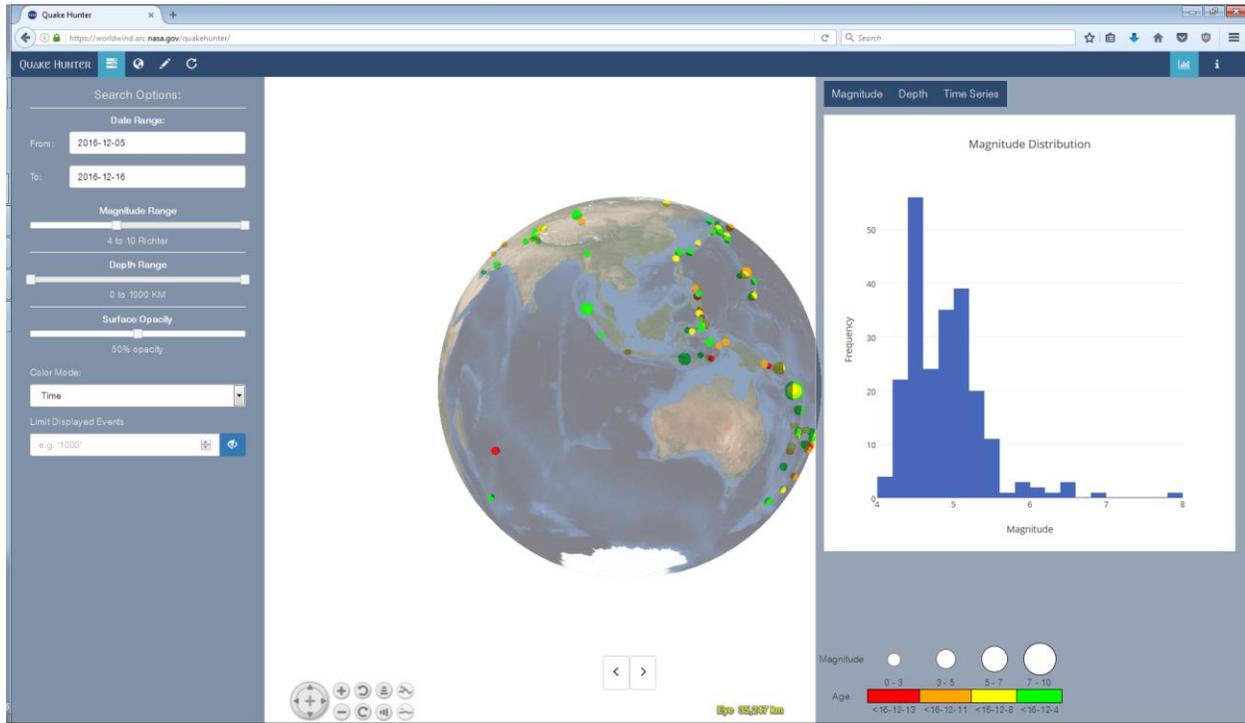


Fig.4. QuakeHunter.

Dado que la cantidad de datos es inmensa (tiene millones de registros), se puede seleccionar una región en el globo para visualizar únicamente los sismos en dicho lugar. Se colorearon los puntos que representan los sismos tanto para visualizar su antigüedad (lo que permite ver desplazamientos de regiones sísmicas) como su magnitud.

Web World Wind permite algo de lo que no se encontraron precedentes: El mapeo de los sismos en 3D, visualizándose su profundidad, en una aplicación web.

USGS ya posee una aplicación web de visualización del mismo conjunto de datos, sin embargo ésta es bidimensional¹⁴.

¹¹ <https://worldwind.arc.nasa.gov/quakehunter/>

¹² <https://www.usgs.gov/>

¹³ <https://youtu.be/ZU023wu5RMo>

¹⁴ <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/>

Adicionalmente, QuakeHunter posee herramientas de análisis de datos que permiten ver distribuciones de frecuencias en magnitud y profundidad de los sismos en visualizados, además de graficar la magnitud de los mismos a través del tiempo.

El estudiante participó en este proyecto proveyendo guía para obtener la transparencia de la superficie en el globo, modificando los planos de renderizado para que los sismos a gran profundidad se pudiesen visualizar, y realizó el código¹⁵ para incluir 4 superficies de subducción en 3D en las zonas de México, California, Alaska y las Islas Salomón (de nuevo, dichos datos solo pueden ser visualizados en 2D en el sitio de USGS)¹⁶.

WorldWeather

Esta herramienta¹⁷ despliega datos principalmente climatológicos y atmosféricos, y los integra en una interfaz de usuario que permite al usuario manipular capas de información sobre el globo que provienen de múltiples fuentes y con distintos formatos de servicios web geográficos (WMS, WMTS, entre otros).

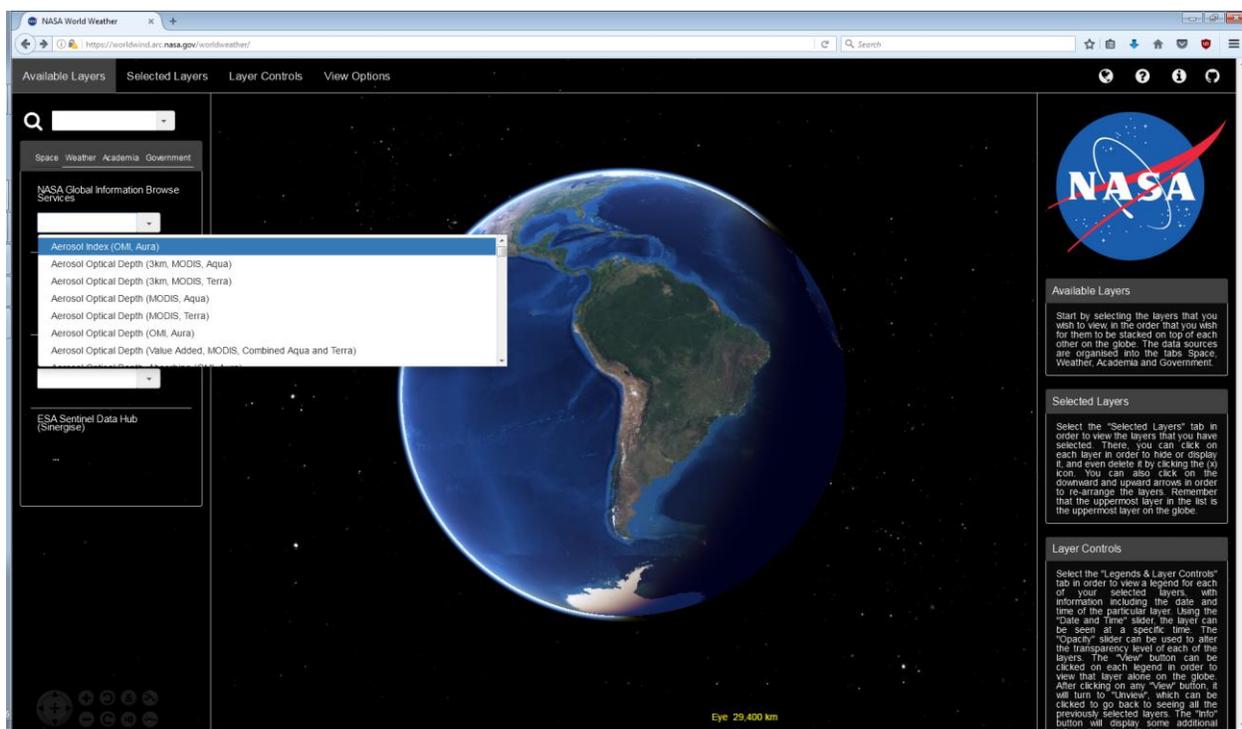


Fig.5. WorldWeather.

La aplicación obtiene datos de 16 fuentes distintas:

- 4 diferentes misiones de observación terrestre de la NASA
- Misión de observación terrestre Sentinel de ESA
- Pronósticos globales de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA)

¹⁵ <https://github.com/NASAWorldWindResearch/Quake-Hunter/commits?author=Beak-man>

¹⁶ <https://earthquake.usgs.gov/data/slab/>

¹⁷ <https://worldwind.arc.nasa.gov/worldweather/>



- Servicio Nacional de Clima de Estados Unidos
- Servicio Meteorológico de Canadá
- Centro Europeo de Pronósticos de Clima de Mediano Rango
- Instituto de Cambio Climático de la Universidad de Maine
- 2 servicios climatológicos de USGS
- La Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos
- 2 servicios de la Agencia Espacial Alemana (DLR)
- El Laboratorio de Investigación de la Marina de Estados Unidos

Cada servicio entrega múltiples capas que se pueden visualizar a la vez, en varios globos sincronizados con la navegación del usuario, o en un mismo globo con diferentes niveles de transparencia, que permiten correlacionar visualmente diferentes tipos de datos de múltiples fuentes¹⁸.

El estudiante participó en este proyecto incluyendo la renderización de la atmósfera en el globo, además de la penumbra de la Tierra como efecto estético (no es representativa de la hora actual)¹⁹. También en este proyecto se participó en implementar las transparencias de las capas. Adicionalmente, se participó en el desarrollo de algunos elementos de la interfaz gráfica de usuario.

¹⁸ <https://youtu.be/WMYI1UcgFr4>

¹⁹ <https://github.com/NASAWorldWindResearch/WorldWeather/commits?author=Beak-man>

SpaceBirds

SpaceBirds²⁰ permite visualizar en tiempo real y en sus posiciones correctas más de 15 mil satélites en órbita terrestre, entendiéndose como satélites a cualquier objeto en órbita, ya sean satélites artificiales operacionales o fuera de operación, naves espaciales, estaciones espaciales y escombros orbitales (basura espacial).

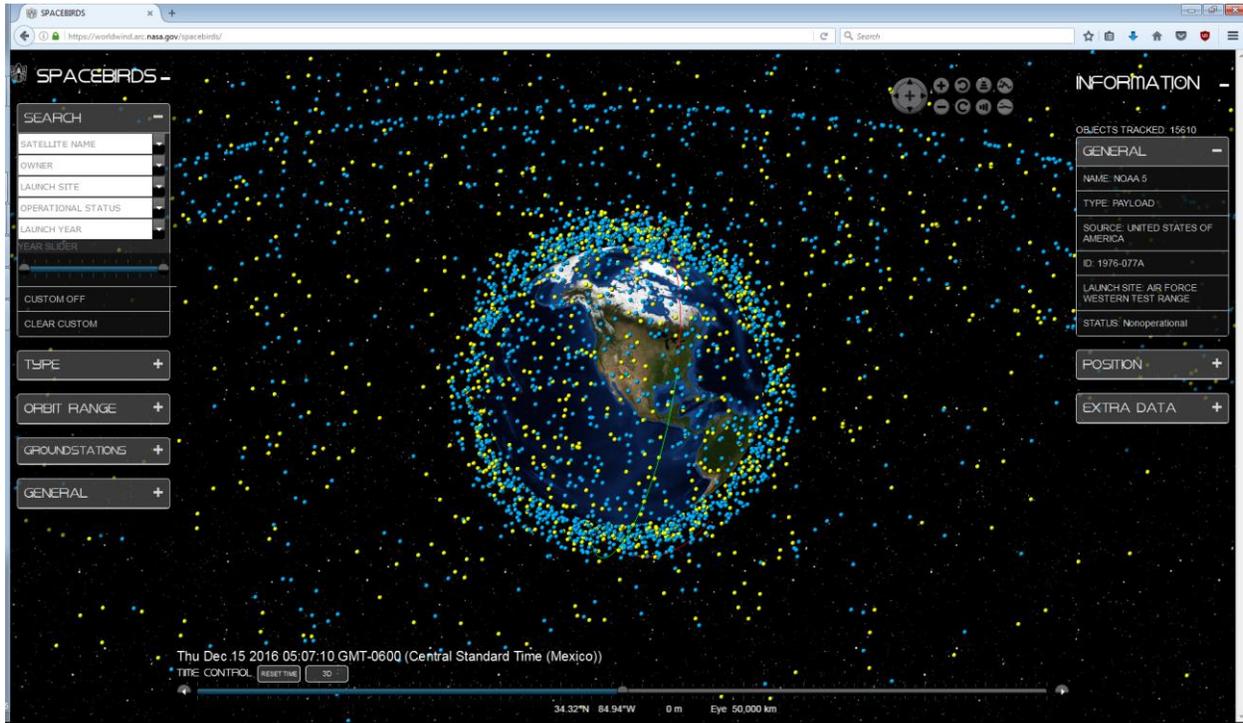


Fig.6. SpaceBirds.

Los 15 mil satélites desplegados en la aplicación corresponden a todos los objetos en órbita terrestre que rastrea el Comando Espacial de Estados Unidos (USSPACECOM²¹, parte del Departamento de Defensa), que mediante diferentes técnicas (principalmente radar), localiza y caracteriza las órbitas de cualquier objeto con diámetro mayor a 5 centímetros.

La aplicación permite navegar entre los diferentes satélites y muestra su información relacionada, tal como nombre, tipo de objeto, tipo de órbita, nación u organización que lo opera, y año y lugar de lanzamiento. La aplicación también es capaz de mostrar modelos 3D detallados de cada satélite cuando se acerca la cámara al mismo, siendo ahora la Estación Espacial Internacional la única con un modelo incluido en la aplicación.

²⁰ <http://worldwind.arc.nasa.gov/spacebirds/>

²¹ <http://www.stratcom.mil/Components/Functional-Components/>

Cuando se selecciona un satélite, se puede visualizar su órbita pasada y futura en un marco de coordenadas centrada en la Tierra. Del mismo modo, todos los objetos se pueden visualizar en una fecha y hora del pasado o futuro seleccionada por el usuario²².

Esta aplicación fue en la que el estudiante tuvo mayor participación y a la que le dedicó el mayor tiempo de la estancia. El estudiante se encargó de encontrar y obtener los datos de un web service REST²³ subcontratado por el USSPACECOM y de correlacionarlos con metadatos obtenidos de otro proveedor²⁴, además de procesar todos los datos al formato adecuado para el consumo de la aplicación. El estudiante también se encargó de desplegar los 15 mil satélites de manera concurrente y hacer que los mismos actualizaran sus posiciones en tiempo real (es decir, se animaran correctamente)²⁵.

Detalles técnicos

SpaceBirds fue el proyecto que diseñó el estudiante y en el que más se involucró, por lo que se ahondará en sus detalles técnicos.

Diseño

El proyecto inicia como propuesta por Patrick Hogan, project manager de World Wind y mentor del estudiante, iniciando como una adaptación web de un proyecto ya existente en la versión Java de World Wind, JSatTrack²⁶, un rastreador satelital. Dada la premisa, el mentor otorga total libertad de diseño e implementación de las aplicaciones a los estudiantes. Conforme avanza el proyecto, se decide hacer de SpaceBirds un catálogo de satélites capaz de mostrar hasta 15,000 de ellos simultáneamente, actualizando sus posiciones en tiempo real. SpaceBirds es construido bajo la versión Web de WorldWind que opera mediante las tecnologías HTML5, JavaScript y WebGL²⁷, volviéndolo una aplicación web pura, operando en el navegador de manera totalmente independiente a cualquier plugin (como Flash o Silverlight). La versión web de World Wind es la de más reciente desarrollo (comparada con la versión Java de escritorio y la versión de Android)²⁸ y por ende, no soporta todas las características propias de las otras versiones. También, al ejecutarse bajo un navegador, provee un acceso más limitado y controlado a los recursos de hardware, por lo que su desempeño es menor. Lo que se pierde en desempeño y prestaciones, se compensa dada su naturaleza de aplicación web, por lo que puede ejecutarse sin la necesidad de que el usuario instale nada nuevo en su máquina (si ya tiene un navegador), de desplegarse inmediatamente (el usuario solo tiene que ingresar la URL de la aplicación, sin bajar ningún ejecutable) y de funcionar en cualquier dispositivo con un navegador web reciente (tablets, equipos de escritorio, celulares).

²² <https://youtu.be/ojp8Tqf2j0k>

²³ <https://www.space-track.org/>

²⁴ <https://www.celestrak.com/>

²⁵ <https://github.com/NASAWorldWindResearch/SpaceBirds/commits?author=Beak-man>

²⁶ <http://www.gano.name/shawn/JSatTrak/>

²⁷ <https://www.khronos.org/webgl/>

²⁸ <https://github.com/NASAWorldWind/>

Obtención de datos

La página de www.space-track.org provee los parámetros orbitales de todos los satélites no clasificados que rastrea el JSOC (Joint Space Operation Center) como parte del USSPACECOM (US Space Command). JSOC actualmente rastrea todos los objetos mayores a 5 cm de diámetro en órbita terrestre²⁹, incluyendo escombros orbitales, cargas útiles satelitales abandonadas y en operación, naves espaciales y etapas de cohetes. Los parámetros orbitales de todos los objetos se entregan en un formato de datos denominado “conjunto de elemento de dos líneas” o “TLE” (two-line element set)³⁰ por sus siglas en inglés.

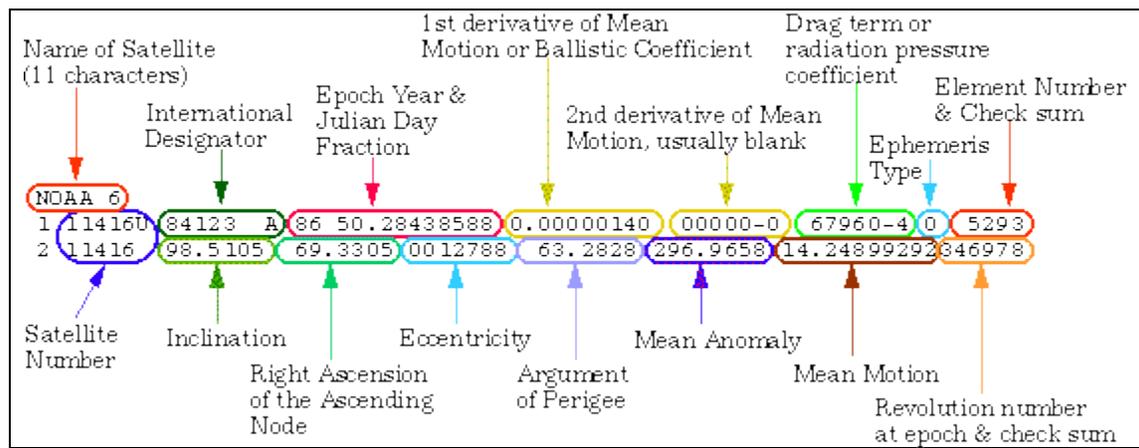


Fig.7. Formato de datos orbitales TLE.

El formato TLE, codifica una lista de parámetros orbitales, incluidos los 6 elementos keplerianos que describen su órbita, de cualquier objeto en órbita terrestre en un momento dado en el tiempo (*epoch*, conocido en español como “época de las coordenadas”). Mediante el uso de una fórmula adecuada de predicción, el estado del objeto (su posición y velocidad) puede ser estimado con cierta precisión.

Procesamiento de datos

Los datos TLE después se utilizan como fuente de datos para modelos computacionales, conocidos como modelos simplificados de perturbaciones³¹, utilizados para calcular los vectores de estado orbital de satélites relativos a un sistema de coordenadas inercial centrado en la Tierra³². Este conjunto de modelos usualmente es referido como SGP4³³, dado la frecuencia con la que se utiliza ese modelo en particular para procesar los datos TLE de NORAD y NASA.

Estos modelos predicen el efecto de las perturbaciones ocasionadas por la forma de la Tierra, el arrastre atmosférico, la radiación y efectos gravitacionales de otros cuerpos como el Sol y la Luna. Los modelos

²⁹ <https://www.space-track.org/documentation#/faq>

³⁰ <https://www.celestrak.com/columns/v04n03/>

³¹ <http://www.celestrak.com/NORAD/documentation/spacetrk.pdf>

³² <https://www.celestrak.com/columns/v02n01/>

³³ <http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1094&context=theses>

de Perturbaciones Generales Simplificadas (SGP por sus siglas en inglés) se aplican a objetos cercanos a la Tierra con periodos orbitales menores a 225 minutos. Las Perturbaciones Simplificadas de Espacio Profundo (SDP por sus siglas en inglés) se aplican a objetos con un periodo orbital mayor a 255 minutos, lo cual corresponde a una altitud de 5,877.5 km, asumiendo una órbita circular.

El modelo SGP4 tiene un error de ~1 km en la época dada y crece de 1 a 3 km por día. Los parámetros TLE son actualizados frecuentemente por NASA y NORAD debido a este error. El modelo SDP4 tiene un error de 10 km en una época dada³⁴.

Los modelos de espacio profundo SDP4 y SDP8 únicamente utilizan modelos de arrastre simplificados. La precisión no es la prioridad en estos casos dado que los casos con alto arrastre no se mantienen en espacio profundo por mucho tiempo, convirtiéndose la órbita en casi circular rápidamente. SDP4 también añade perturbaciones gravitacionales lunares y solares a todas las órbitas, y términos de resonancia Terrestre específicamente para órbitas geostacionarias de 24 horas y Molniya de 12 horas³⁵.

Existen muchas bibliotecas de software que implementan los modelos SGP y SDP en diferentes lenguajes de programación. Dada la naturaleza web de SpaceBirds, se elige la biblioteca `satellite.js`³⁶, escrita en JavaScript y reimplementada a partir de una implementación en Python³⁷ de los modelos SGP4/SDP4 antes mencionados.

Adicionalmente, los datos de www.space-track.org se complementan con metadatos encontrados en www.celestrak.com³⁸, donde se relacionan los satélites con su país u organización de origen, lugar de lanzamiento, y otros datos de interés. La obtención y relación de metadatos se realizan de manera independiente a la aplicación web (en el *backend* o servidor)³⁹ mediante código en `node.js`, la versión de JavaScript hecha para ejecutarse en la línea de comandos⁴⁰. Esto requirió lecturas en diferentes formatos, entre los que se encuentran JSON y CSV.

Despliegue

Las coordenadas obtenidas por los algoritmos SGP4 pueden ser desplegadas directamente como coordenadas geográficas en World Wind. El alumno también se encargó de que las posiciones de los 15,000 satélites se actualizaran, inicialmente, cada segundo, y posteriormente, tan rápido como el dispositivo en el que se ejecuta la aplicación lo permita.

El alumno no realizó solo el proyecto. Bert Stewart⁴¹, originario de San José, CA. se hizo cargo de hacer un prototipo de la interfaz de usuario, además de manejar el uso de la cámara para la navegación visual entre los objetos. Farah Salah⁴², originaria de Amman, Jordania, pulió la interfaz gráfica para hacerla más

³⁴ <http://www.centerforspace.com/downloads/files/pubs/AIAA-2006-6753.pdf>

³⁵ <http://www.celestrak.com/NORAD/documentation/spacetrk.pdf>

³⁶ <https://github.com/shashwatak/satellite-js>

³⁷ <https://pypi.python.org/pypi/sgp4/>

³⁸ <https://celestrak.com/NORAD/elements/>

³⁹ https://github.com/NASAWorldWindResearch/SpaceBirds/tree/master/Backend_nodejs_stuff

⁴⁰ <https://nodejs.org/>

⁴¹ <https://www.linkedin.com/in/bert-stewart-96a90873>

⁴² <https://fi.linkedin.com/in/farahsalah>

atractiva y mejorar la experiencia de usuario. Julija Semenenko⁴³, originaria de Vilnius, Lituania, asistió con optimización y depuración de errores en el código⁴⁴.

SpaceBirds fue puesto en marcha en un servidor de la NASA⁴⁵, sirviendo junto con QuakeHunter⁴⁶ y WorldWeather⁴⁷ como aplicaciones de demostración de la incipiente versión web de World Wind. Las aplicaciones fueron montada en un servidor web de la NASA, siendo ésta sincronizada con las actualizaciones que se realicen en la base de código alojada en GitHub⁴⁸.

Presentaciones del trabajo realizado

Washington DC

El mentor, Patrick Hogan, nos urgió a todos a realizar un buen trabajo para una conferencia que se hizo en Washington DC ante la comunidad de defensa a la que no asistimos los estudiantes de la estancia. Desafortunadamente hubo un error al grabar video de la conferencia y se perdió el audio, pero se nos comentó que personal de USNAVY, USARMY, USAF, además de empresas contratistas de defensa, se encontraban en el lugar. World Wind posee una amplia presencia en el ámbito de defensa, debido en parte a la apertura e independencia de su plataforma (uno puede colocar su propio servicio de mapas con World Wind sin compartir información con nadie) y a la precisión de su modelo de terreno, que al contrario de otras soluciones comerciales, también posee una relativamente alta resolución en el modelado del fondo marino.

Además de presentar los proyectos y avances del equipo profesional a cargo de World Wind, centrados únicamente en las versiones Android y Java, se presentaron nuestros proyectos realizados en la versión Web. Especial atención recibió SpaceBirds, particularmente por parte de la Fuerza Aérea, por el despliegue simultáneo de 15,000 objetos en órbita en tiempo real. QuakeHunter recibió la atención de la Marina dada su visualización de datos bajo la superficie oceánica, útil en el ámbito naval. A mención de Patrick Hogan, la presentación de las aplicaciones realizadas fue un éxito.

A consideración del alumno, esta fue la presentación que representa el mayor logro, considerando las exigencias relacionadas con un público de esta índole y el hecho de que su trabajo fue utilizado exitosamente para obtener apoyo para World Wind como plataforma.

NASA Ames Research Center

También se convocó al personal del departamento de Proyectos Espaciales⁴⁹ (que se encuentra en el edificio donde se llevó a cabo el trabajo de la estancia del alumno) para hacer una presentación de los proyectos realizados. Se respondieron preguntas por parte de los Project Managers de otros proyectos,

⁴³ <https://lt.linkedin.com/in/julija-semenenko-2788a6b1>

⁴⁴ <https://github.com/NASAWorldWindResearch/SpaceBirds/graphs/contributors>

⁴⁵ <http://worldwind.arc.nasa.gov/spacebirds>

⁴⁶ <http://worldwind.arc.nasa.gov/quakehunter>

⁴⁷ <http://worldwind.arc.nasa.gov/worldweather>

⁴⁸ <https://github.com/NASAWorldWindresearch>

⁴⁹ <https://www.space.arc.nasa.gov/>

incluyendo al mexicano Andrés Martínez⁵⁰, project manager de diferentes programas de pequeños satélites en la NASA. Se recibieron comentarios positivos y de aliento por el trabajo realizado.

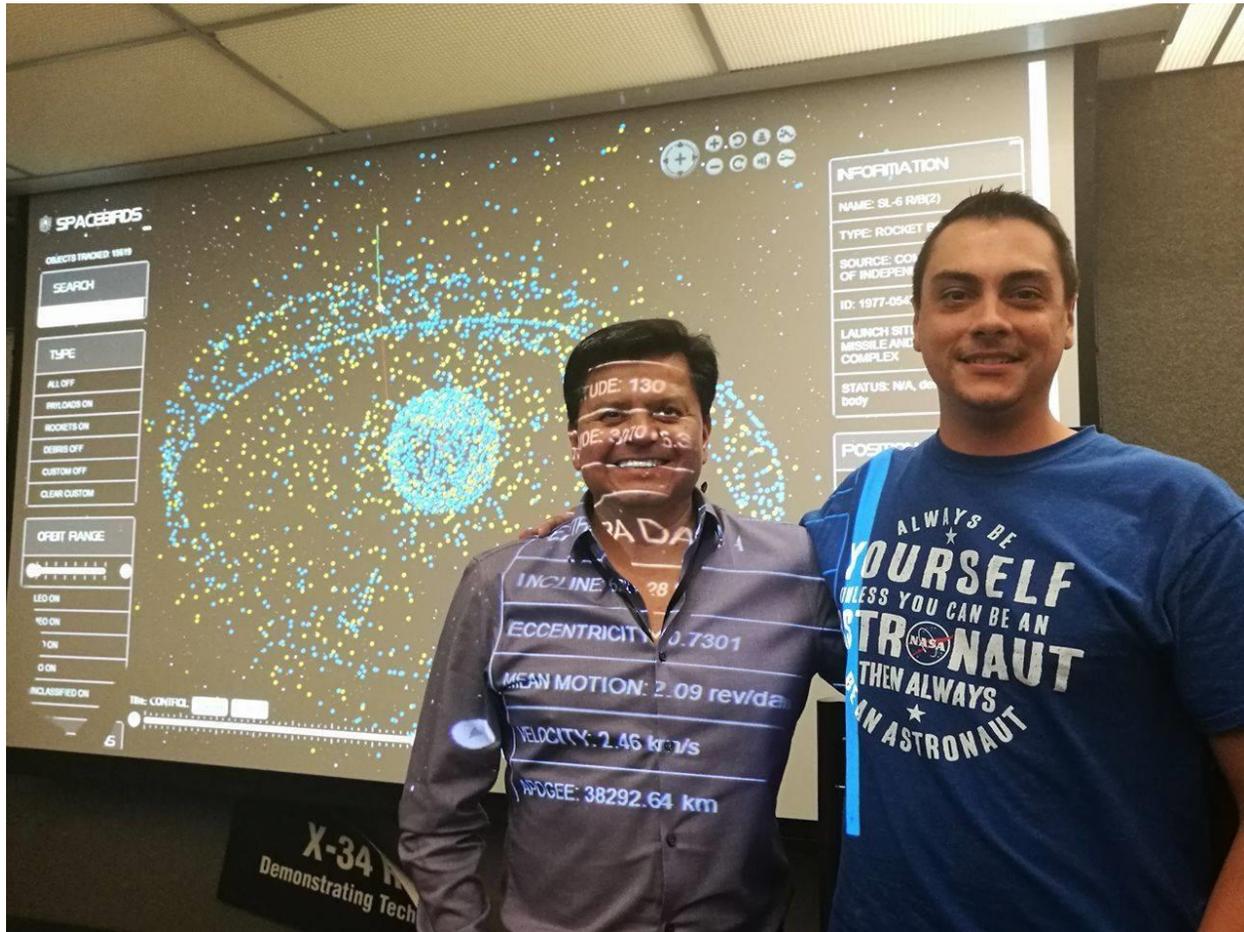


Fig. 8. Andrés Martínez, PM en NASA ARC, junto con el autor después de presentar el proyecto.

Se realizó otra presentación ante personal del United States Global Survey (USGS), con la participación del director del Centro de Innovación, John Stock⁵¹, centrando su atención particularmente en QuakeHunter, dado el tema de sismos tratado en la aplicación y el hecho de que la información desplegada es proporcionada por USGS. Los comentarios también fueron positivos en este caso.

Sudio Arts College International, Florencia

En una presentación menos técnica, se mostraron los proyectos a alumnos de esta escuela de arte y diseño en Florencia, Italia⁵², por invitación del profesor Dejan Atanackovic⁵³. El alumno, mostrando en SpaceBirds la enorme cantidad de escombros orbitales, puntualizó la órbita baja terrestre como un recurso natural largamente ignorado, del que depende nuestro futuro acceso al espacio.

⁵⁰ <https://www.linkedin.com/in/andresmartinez>

⁵¹ <http://geography.wr.usgs.gov/InnovationCenter/contact.html>

⁵² <http://www.saci-florence.edu/>

⁵³ <https://it.linkedin.com/in/dejan-atanackovic-a2a16a9>

En una nota al margen, los alumnos de la escuela nos preguntaron a nosotros, estudiantes y practicantes de ingeniería y ciencias, cómo es que los artistas podrían colaborar con su labor a metas prácticas de preservación y consumo responsable y eficiente de recursos naturales. El alumno consideró apropiado mencionar que un artista tiene la capacidad de llegar al individuo común que un ingeniero no suele tener. Dio como ejemplo la viabilidad de la energía nuclear como una fuente de energía limpia y renovable, difícil de promover por su pésima imagen que bien podría ser mejorada por medio de divulgación apoyada por artistas.

NASA World Wind Europa Challenge, Trento

Anualmente se lleva a cabo el NASA World Wind Europa Challenge⁵⁴, con la intención de estimular el desarrollo de aplicaciones GIS de código abierto bajo World Wind. Organizado por Assessorato for research and education of the Autonomous Province of Trento, Hub Innovazione Trentino, Politecnico di Milano, la corporación Trilogis, y NASA, la edición de este año se llevó a cabo en la ciudad de Trento, Italia. El evento, de tres días de duración, incluyó una presentación en la Universidad de Trento, un *hackathon* en el museo de ciencias de la misma ciudad y una presentación y premiación final en el Museo de Arte Moderno y Contemporáneo de Trento.



Fig.9. Ceremonia de premiación. NASA World Wind Europa Challenge 2016.

Se presentaron los proyectos ante una comunidad de estudiantes y profesionales del ámbito GIS, incluyendo personas como Maria Antonia Brovelli⁵⁵, profesora de geodesia en el Politécnico de Milán y miembro de la Iniciativa de GIS Abierto de las Naciones Unidas⁵⁶. QuakeHunter, SpaceBirds y WorldWeather obtuvieron segundo, tercer y cuarto lugar respectivamente en la categoría académica.

⁵⁴ <http://eurochallenge.como.polimi.it/>

⁵⁵ <https://it.linkedin.com/in/maria-antonia-brovelli-750544>

⁵⁶ <http://gsdiassociation.org/index.php/news/global-news/543-united-nations-opengis-initiative.html>

Instituto de Investigación y Desarrollo de la Armada de México, Veracruz

Durante la estancia en ARC, Patrick Hogan fue contactado por el Tte. de Corbeta Miguel Ruiz Longoria de la Secretaría de Marina - Armada de México. El motivo: preguntarle sobre cómo obtener imágenes satelitales del dominio público (e.g. NASA Blue Marble, USGS Landsat) que actualmente operan en los servidores que alimentan de imágenes a los clientes de World Wind. El Project Manager le indicó que, si bien las imágenes mismas son de dominio público y gratuitas, proveerlas por Internet es un servicio costoso (son alrededor de 7 TB de datos). Además, el que personal de la NASA vaya *in situ* y monte un servidor de mapas con dichos datos es una tarea que se cobra en una cuota de \$20,000.00 USD. Sin embargo no había problema con proporcionar únicamente los mapas e imágenes satelitales en un disco duro de capacidad suficiente si lo hacían llegar, y coincidentemente, estaba con Patrick cierto estudiante mexicano que, al terminar la estancia, podía llevarles el disco duro con los datos. Así fue y el personal de la Armada le hizo llegar al alumno un disco duro de 8 TB. El sysadmin de los servidores de World Wind (Randolph Kim) copió todos los datos en un proceso que llevó un par de días.



Fig.10. Instalaciones del INIDETAM de la SEMAR.

Al regreso a México, el personal de la Armada involucrado con el servidor de mapas, invitó al alumno a su lugar de trabajo, el Instituto de Investigación y desarrollo de la Armada de México (INIDETAM)⁵⁷, cerca de Boca del Río, Veracruz.

El INIDETAM cuenta con varios departamentos y el que estaba relacionado con las imágenes satelitales era el Laboratorio de Modelado y Simulación. En dicho laboratorio actualmente se encuentran

⁵⁷ <https://www.gob.mx/semar/acciones-y-programas/instituto-de-investigacion-y-desarrollo-tecnologico-de-la-armada-de-mexico-5566?idiom=es>

desarrollando varios proyectos alrededor de una plataforma GIS, y desde hace 5 años, de acuerdo con lo mencionado por el personal de ahí, decidieron utilizar World Wind para dejar de depender de una solución comercial de mapas de la empresa ESRI.

El Teniente Ruiz es quien se encarga de implementar y administrar el servidor de mapas que consumen las aplicaciones que se desarrollan en el laboratorio. El proyecto mostrado al alumno, consistía en un simulador de plataforma de comando y control para la Armada de México, cuyo propósito es entrenar a los oficiales de la Marina en diferentes escenarios tácticos y estratégicos con visualización geográfica en tiempo real mediante un enlace de datos entre las unidades en campo y la estación de comando. Es importante mencionar que se pidió permiso al personal de mencionar estos detalles en el actual reporte. El desarrollo del proyecto no es de índole totalmente castrense, siendo que el CONACYT se encuentra colaborando en el Instituto⁵⁸, y varios civiles trabajan en el software hombro con hombro con los marinos. Ninguno de estos datos es clasificado o sensible para efectos de seguridad nacional.

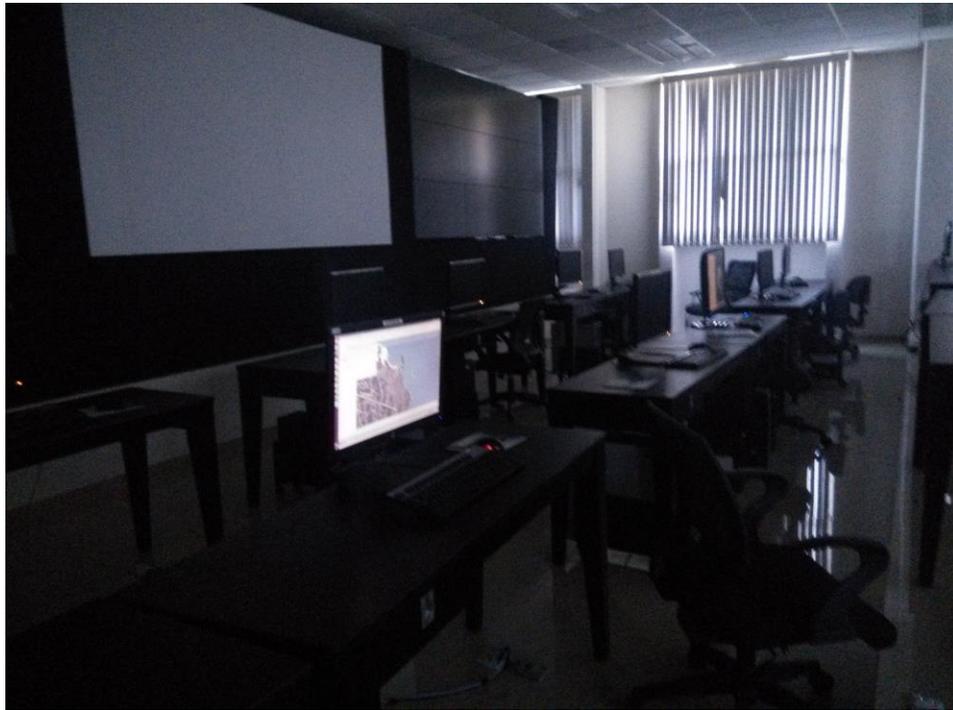


Fig.11. Estaciones de entrenamiento e instrucción en el INIDETAM.

Actualmente la Armada ya tiene desplegadas en sus unidades operacionales diferentes aplicaciones con mapas alimentados por el servidor de World Wind. Sin embargo, siendo que no poseían el conjunto de datos (mapas, imágenes satelitales) localmente, hasta ese momento habían requerido de obtener los mapas desde el servidor de World Wind en Ames Research Center y almacenar un subconjunto de los mismos en un proxy de cache (un servidor intermedio que almacena datos parciales). Ahora el servidor

⁵⁸ <http://www.conacytprensa.mx/index.php/sociedad/asociaciones/6763-instituto-de-investigacion-y-desarrollo-tecnologico-de-la-armada-de-mexico>

posibilidad de que la Armada de México colabore con la base de código de World Wind para que las modificaciones que se hagan al núcleo beneficien a todos los usuarios, beneficiando así con desarrollo al proyecto y trabajando junto con personal de la NASA, ESA⁶¹, Thales Group⁶² y otros colaboradores de código de World Wind. Siendo que la plataforma es pública y open source, cualquier organización o desarrollador alrededor del mundo lo puede hacer. Los marinos se mostraron muy interesados en que esto sucediera y no habían considerado la posibilidad. Es a entender del alumno que ya iniciaron con la gestión necesaria para hacer esto posible. Actualmente el alumno en ocasiones funge como contacto entre el INIDETAM y la NASA.

Recientemente (menos de una semana al momento de escribir estas líneas) el alumno volvió a visitar el INIDETAM durante un día, recomendando a un colega desarrollador de software que lo había acompañado a Veracruz para un asunto no relacionado. A dicho desarrollador, el alumno ya le había mostrado World Wind como plataforma desde que se encontraba en la NASA. Se le realizó una entrevista de trabajo y se entregó su CV al INIDETAM.



Fig.13 Segunda visita al INIDETAM con el colega del autor, Jesús Rangel.

Al parecer del alumno, esta visita al INIDETAM es, hasta ahora, el mayor beneficio que su estancia en la NASA ha producido a nuestra nación, y se encontró muy sorprendido y complacido que en México se realicen desarrollos de alto nivel como lo que le fue mostrado en el Instituto de Investigación de la Armada.

⁶¹ <https://github.com/ESAFastPrototyping>

⁶² <https://github.com/thales-geo>

Actividades generales

El Centro de Investigación Ames organizó diversas actividades, ponencias y eventos para los estudiantes en estancia durante el verano⁶³, muchas de las cuales en las que el alumno tuvo la oportunidad de participar. Se llevaron a cabo ponencias acerca de planeación de misiones espaciales, desarrollo de satélites con tecnologías de bajo costo, interfaces bioelectrónicas, y un panorama de las misiones de la NASA dado por el Administrador de la NASA, Charles Bolden, quien visitó Ames y con quien el alumno tuvo la oportunidad de intercambiar algunas palabras en una sesión de preguntas y respuestas. Varias ponencias tuvieron como expositores a Project managers de diversos proyectos y astronautas. También se realizaron varias visitas guiadas a diferentes instalaciones del centro de investigación, como lo son los túneles de viento, simuladores de vuelo, centrifugadoras humanas y el departamento de Supercómputo. Al poseer doble nacionalidad, el alumno gozó de bastante libertad para visitar el centro de investigación sin necesidad de escolta, restricción que los estudiantes extranjeros debían acatar. Visitó la supercomputadora de la NASA en Ames⁶⁴, conoció a Project managers de varios programas y tuvo la oportunidad de conocer y tratar a diversos trabajadores en ARC, entre los que se encuentran varios mexicanos.

Durante la estancia en Silicon Valley, el alumno tuvo la oportunidad de visitar el Museo de Historia de la Computadora⁶⁵ (localizándose éste muy cerca de Ames), el campus principal de Facebook en Menlo Park⁶⁶, la Universidad de Stanford en Palo Alto⁶⁷, el campus de Carnegie Mellon University localizado en el mismo Ames Research Park⁶⁸, y el museo de historia de Moffet Field⁶⁹.

⁶³ <https://www.nasa.gov/ames/ocs/2016-summer-seminar-series/>

⁶⁴ <https://www.nas.nasa.gov/hecc/resources/pleiades.html>

⁶⁵ <http://www.computerhistory.org/>

⁶⁶ <https://www.facebook.com/fbmenlopark/>

⁶⁷ <https://www.stanford.edu/>

⁶⁸ <http://www.cmu.edu/silicon-valley/>

⁶⁹ <http://www.moffettfieldmuseum.org/>



Fig.14. Ponencia sobre la readaptación de la misión Kepler después de su fallo catastrófico.

Se visitaron las ciudades de San Francisco, Santa Cruz y Sacramento, además de encontrarse con actuales ingenieros de Uber, Apple y Google; internos de Tesla Motors y NASA JPL; y un reclutador de Facebook.

En Italia se visitaron las ciudades de Roma, Florencia y Trento, incluyendo una gran cantidad de museos y sitios históricos entre los que se encuentran el Vaticano, el Pantheon, la catedral de Santa Maria del Fiore, el museo de Galileo Galilei, de Leonardo Da Vinci, las tumbas de Miguel Ángel, Galileo, Dante Alighieri, Nicolás Maquiavelo, etc.



Fig.13. Bert Stewart, interno de la estancia, Patrick Hogan, PM de World Wind, y el autor en el Vaticano.

Adicionalmente a otras áreas del INIDETAM en Veracruz, se visitó el Museo Naval de la SEMAR en el puerto y el Acuario de Veracruz.

Resultados, comentarios personales y planes futuros

Se diseñó una aplicación relacionada con tecnología espacial con SpaceBirds, y el alumno participó en el desarrollo de las demás aplicaciones, contando todas con aportaciones de código por parte de él mismo. Todos los proyectos son de código abierto y cualquier persona, incluyendo a los mexicanos, puede descargarlos del repositorio y utilizarlos de herramienta de aprendizaje o construir sobre ellos una aplicación profesional. La licencia de código abierto de la NASA⁷⁰, permite también realizar aplicaciones propietarias, comerciales y de código protegido por derechos de autor, siempre y cuando cualquier modificación al núcleo de World Wind sea publicada. Patrick Hogan invitó insistente y abiertamente a todos los alumnos a llevar esta tecnología a sus países de origen. Particularmente al alumno, se le exhortó a promover World Wind en la Agencia Espacial Mexicana. World Wind tiene la distinción de ser un proyecto siendo desarrollado conjuntamente, y sin complicaciones legales por su licencia de código abierto, entre la NASA y la ESA. La AEM muy bien podría ser una tercera agencia espacial desarrollando aplicaciones geoespaciales con esta plataforma, además del prestigio que supondría trabajar junto con dos de las agencias espaciales más notables del mundo si es que existiera la disposición de colaborar con código al repositorio de World Wind, como lo planea hacer la Armada de México.

⁷⁰ <https://opensource.org/licenses/NASA-1.3>

World Wind ciertamente también puede ser utilizado como una herramienta educativa por cualquier persona en México. Si bien existen otras plataformas de mapas de código abierto, en general están ligadas exclusivamente a una plataforma (e.g. web, o Java en el escritorio, o alguna plataforma móvil), suelen ser únicamente 2D, o bien, pertenecen a alguna empresa que sujeta las características más potentes a versiones con licenciamiento comercial propietario y código no disponible. World Wind no depende de ninguna empresa ni está desarrollado con fines de lucro.

El alumno, además de adentrarse en la actividad profesional de la agencia espacial estadounidense, se introdujo al mundo de los sistemas de información geoespacial y se empapó de la cultura tecnológica propia de Silicon Valley.

Por su desempeño en Ames Research Center y por los logros obtenidos en Italia, se invitó al alumno a ser desarrollador de una nueva aplicación basada en World Wind, OpenCitySmart⁷¹. Dicho desarrollo estará liderado *pro bono* por Patrick Hogan, y la fundación italiana Life Beyond Tourism⁷² está dispuesta a financiar hasta marzo del 2017 a dos desarrolladores para el mismo, previa muestra de resultados durante el actual mes, diciembre del 2016. El alumno, así como Gabriel Militão⁷³, originario de Brasil e interno en la misma estancia en ARC, fueron los desarrolladores elegidos. La aplicación, aún en fase de investigación y planeación de arquitectura, tiene el ambicioso propósito de proveer una plataforma GIS para la administración y optimización de infraestructura urbana. Hasta ahora, las plataformas de software para ciudades inteligentes únicamente consideran algún aspecto de la infraestructura (e.g. el manejo de desechos, las líneas eléctricas o los servicios de emergencias) pero no hay, a saber del alumno, una plataforma integrada que permita integrar diferentes aplicaciones como módulos bajo la misma base de mapas, y la mayor parte de las soluciones existentes son enteramente comerciales y de código cerrado.

Con OpenCitySmart, cualquier ciudad podría utilizar la base de código y la descripción de la plataforma para montar de manera independiente su sistema GIS que le permitiera eficientar y optimizar su infraestructura, además de poder continuar el desarrollo a medida de sus necesidades, publicando las modificaciones para que la base de código se fortalezca y beneficie a cualquiera que la utilice. Si se logra desarrollar una plataforma atractiva, esto conllevaría beneficios netos desde el punto de vista económico y ecológico al aspecto del manejo de infraestructura urbana que podría ser adoptado por cualquier municipalidad o alcaldía del mundo.

El alumno también planea mantener el contacto con el INIDETAM, y en medida de sus posibilidades, promover desarrollos de código abierto en cuanto a plataformas GIS se refiere en la UAM y en la AEM.

Por otro lado, no se puede ignorar la labor de difusión tanto por parte de la AEM como por la UAM al respecto de esta estancia. La difusión de oportunidades así inspira a nuevas generaciones de estudiantes a participar en proyectos de clase mundial formando capital humano calificado para México.

⁷¹ <https://wiki.osgeo.org/wiki/OpenCitySmart>

⁷² <http://www.lifebeyondtourism.org/>

⁷³ <https://www.linkedin.com/in/gabriel-militao-60a61656/>

Por último, el alumno planea reescribir totalmente SpaceBirds (ya hay trabajo al respecto), aplicación ya montada en un servidor de la NASA, para volverlo una herramienta práctica para rastrear, localizar y predecir pasos de satélites, en lugar de una simple visualización.

Agradecimientos

El autor expide sus más sinceros agradecimientos al personal de la AEM que hizo posible esta estancia, entre los que se encuentran los integrantes actuales y previos del Departamento de Formación de Capital Humano en el Campo Espacial (Blanca Rebollar, Isaí Fajardo, Octavio Arellano, César Brindis y Carlos Duarte), a todos los profesores, administrativos y consejeros de la UAM Azcapotzalco que hicieron posible que dicha institución proveyera el apoyo para la estancia (el rector Romualdo López Zárate, Cristina Larios Malo, Miriam Aguilar Sánchez, Jorge Gabriel Ortiz Leroux, Dulce María Castro Val, Armando Alonso Navarrete, Ernesto Noriega Estrada, Luis Enrique Noreña Franco, Silvia González Brambila, Rafael Pérez Flores, Georgii Khachaturov, Gabriela del Valle, Jesús Isidro González Trejo, Margarita González Brambila, Roberto Alfonso Alcántara Ramírez, Julieta Roldán, Christopher Bravo, rectoría general de la Universidad, representada por el rector Salvador Vega y León y todos los demás profesores y administrativos de la UAM cuyo nombre he omitido y sin los cuales, esta estancia no hubiese sido posible.

No puedo agradecer lo suficiente a mi familia, a mis abuelitos, mis padres, y muy especialmente a mi tío Antonio Del Castillo, quien de no haber sido por su apoyo, no hubiese podido extender la estancia cuando se me ofreció ni ir a Italia a presentar el proyecto.