

Normalización del lenguaje en procesos interdisciplinarios de desarrollo del software en simuladores de vuelo

¹Mira, N., ²Clark, V., ²Felippa, M., ¹Giró J. y ¹Bussoli J.

¹*Instituto Universitario Aeronáutico, Facultad de Ingeniería*

²*Centro de Entrenadores y Simuladores, Fuerza Aérea Argentina*

Abstract

La necesidad de unificar el lenguaje en los procesos de elicitación y especificación de requerimientos de sistemas se ve acentuada cuando participan equipos multidisciplinarios, circunstancia cada vez más frecuente como consecuencia de la progresiva divulgación del software. Con la finalidad de abordar este problema se propone un procedimiento basado en el Léxico Extendido del Lenguaje y escenarios, que a través de sucesivas etapas conduce a un Universo de Discurso consolidado que es finalmente verificado y validado. Se presenta un caso de estudio correspondiente a la construcción de simuladores de vuelo, con lo que se ilustra la aplicación del procedimiento propuesto, se presentan sus resultados y destacan sus ventajas.

Palabras Clave

Ingeniería de software, Especificación de requerimientos, procesos de desarrollo multidisciplinarios.

INTRODUCCIÓN

En el contexto de la ingeniería de software una dificultad latente que se presenta es comprender el universo del dominio que se está modelando. Cuanto más complejo es el contexto del problema más difícil es lograr su comprensión. Para lograrlo un ingeniero de software o un equipo de ingenieros debe incorporar una estrategia de desarrollo que acompañe el proceso y utilice técnicas de modelado que permitan focalizar las diferentes vistas que el dominio adquiere a medida se avanza en el conocimiento de sus particularidades. Este entendimiento del contexto es imprescindible para respaldar las especificaciones escritas con un lenguaje cuyo léxico sea claro, completo, consistente y no ambiguo. Así como también definir escenarios de uso que permitan describir las situaciones particulares del ámbito del problema que se está modelando. Aún en aplicaciones pequeñas

esta afirmación es completamente cierta, y también lo es en el caso de desarrollos personalizados, ya que es imposible imaginar que quién proponga una solución a un problema, pueda no tener en claro el significado y alcance de lo que describe.

La importancia de estas exigencias sobre el lenguaje crecen exponencialmente, y se hacen críticas, al aumentar algunos de los siguientes factores: *i)* la magnitud de la aplicación, *ii)* la cantidad de miembros de los equipos de trabajo, *iii)* la dispersión geográfica de los mismos y *iv)* la especialidad del tema tratado. Reconocer que la importancia de una condición sea crítica significa que pone en severo riesgo el éxito del proyecto, por impactar directamente en los plazos de proyecto, sus costos, la calidad del producto software o una indeseable combinación de todos ellos, circunstancia muy difícil de revertir.

Aquí cabe agregar que a los cuatro factores ya citados, que hacen crítica la importancia del léxico del lenguaje y la comprensión de los escenarios de comportamiento, se viene incorporando otro que reviste creciente importancia. Se trata de la composición multidisciplinaria de los proyectos, consecuencia natural de la difusión de la computación y su software en toda la actividad humana.

A pesar de la trascendencia de lo expuesto, debe reconocerse que no son pocos los casos que han llegado a situaciones extremas, que condujeron al fracaso de importantes proyectos o que significaron un aumento inimaginable en los plazos de ejecución y sus costos. En realidad, estos casos no son más que manifestaciones de la

llamada crisis de software, que dio lugar hace ya más de cuarenta y cinco años a la ingeniería de software, y que según Gibbs [1], ya en 1994 se había hecho crónica, debiendo hoy reconocerse que tenía razón.

Para comprender mejor el problema se debe recordar que cada disciplina presente en un proyecto aporta sus tecnicismos, muchas de las cuales utilizan los mismos términos con diferentes significados, o quizás peor aún, los mismos significados con diferente alcance o expresados en diferentes sistemas de unidades, todo lo cual dificulta el diálogo, quita claridad a la definición de objetivos y tiene directo impacto en la interpretación de los requerimientos por parte de los responsables del desarrollo de la aplicación.

Como respuesta a este problema hubo numerosas propuestas y variados enfoques, muchas de las cuales nunca trascendieron los ámbitos de investigación o no fueron aplicadas efectivamente en la industria. En algunos casos, debido a la errada creencia de que no se justifica el costo adicional de este esfuerzo inicial de normalización del lenguaje, sin advertir que sus indeseables secuelas acompañarán al producto a lo largo de todo su ciclo de vida.

Entre las soluciones propuestas se ha recurrido con frecuencia al uso de escenarios [2], los que suelen ser acompañado de un glosario. En algunos casos los escenarios y glosario son construidos progresivamente, en paralelo [3], y en otros se le reserva al glosario un rol secundario, de referencia o solo consulta. Una variante de estos enfoques es el Léxico Extendido del Lenguaje (LEL) [4], que es un modelo que permite documentar, en forma de hipertexto, los términos del lenguaje utilizado en el campo de aplicación en el que se desarrolla un sistema.

El ámbito de trabajo de la experiencia que aquí se presenta, que es claramente multidisciplinaria, corresponde a la construcción de simuladores de vuelo para reproducir el desempeño de diversos tipos de aviones. La necesidad de definir especificaciones,

diseñar soluciones, verificar la correcta implementación de estas últimas y validar las primeras, todo ello en un contexto en que participan pilotos e ingenieros de numerosas especialidades, estimularon la búsqueda de una respuesta apropiada y con esa finalidad fueron seleccionadas las técnicas planteadas: LEL, el proceso de aplicación de escenarios, y la relación entre ambas a través de la vista de hipertexto en el marco de un proceso bien definido constituido por actividades de modelado y diseño

El objetivo de este trabajo es proponer un modelo que enfoque dos perspectivas, la primera que facilite la comprensión del dominio y permita definir un proceso de desarrollo que integre las técnicas mencionadas para la construcción del UdD (Universo de Discurso) y la segunda que permita definir un conjunto de parámetros para la etapa de construcción del software a partir del UdD, propiciando de esta manera la trazabilidad entre el UdD y los parámetros definidos en la construcción de la aplicación.

El trabajo está organizado de la siguiente manera: en la primera parte se comienza por enunciar los fundamentos y características de las técnicas empleadas: LEL y Escenarios, en la segunda parte se define un modelo base para elaborar el UdD utilizando dichas técnicas, en la tercera parte se describe el marco contextual y se plantea el caso de estudio, luego se aplica el modelo y las técnicas investigadas al dominio del problema y se analizan y discuten ejemplos con los resultados obtenidos, para finalmente enunciar las conclusiones y trabajo futuro.

ENFOQUE METODOLÓGICO

Léxico Extendido del Lenguaje

El LEL (Léxico Extendido del Lenguaje) [5] es una herramienta que permite al ingeniero de software conocer el lenguaje del dominio de una aplicación y definir así un primer paso, indispensable para la futura trazabilidad de los requerimientos a lo largo de todo el ciclo de vida del sistema.

Como se sabe, la calidad de un producto es

consecuencia natural de la calidad del proceso que lo construye, y este último depende a su vez de la calidad de cada una de sus etapas. Si bien todas son importantes, la primera, en este caso la definición y especificación de requerimientos, es clave para asegurar que se construirá el producto correcto.

En la elaboración de la especificación de requerimientos se debe comenzar por reconocer y entender el vocabulario del dominio del problema. Por su naturaleza multidisciplinaria, el diálogo se establece a partir del lenguaje natural y aquí aparecerán ambigüedades que deben ser evitadas. Asimismo, al establecerse el necesario vocabulario (UdD) habrá que enfrentar y armonizar discrepancias, así como contemplar la posibilidad de errores u omisiones durante la recolección de datos. Para ello se recurre a la lectura de documentos, observaciones directas e indirectas y entrevistas, las que permitirán reconocer e identificar las palabras que tienen significado en la aplicación, como asimismo se facilitará la detección de eventuales sinónimos.

El resultado esperado es una lista de términos o entradas al LEL, que se perfeccionará progresivamente con la participación de todos los actores. Aquí se incluye, con la finalidad de representar su semántica, la *noción* e *impacto* de cada palabra o frase. La *noción* representa el significado (denotación) y el *impacto* determina los efectos del uso u ocurrencia de cada elemento de la lista (connotación). En esta enumeración de términos, las entradas se clasifican en cuatro tipos: *sujeto* (entidad pasiva), *verbo*, *objeto* (entidad activa) y *estado*.

Al describirse los símbolos se deben cumplir dos principios, que son el de *circularidad* y el de *vocabulario mínimo*. La *circularidad* postula el máximo uso posible de símbolos registrados en la descripción de otros símbolos y el *vocabulario mínimo* se refiere al mínimo uso de términos que sean externos al propio léxico. Ambas reglas enfatizan la definición del vocabulario

como un hipertexto auto contenido y altamente conectado.

Tal como fue planteado, la construcción del LEL de una aplicación reconoce las siguientes seis etapas:

- 1) Identificación de fuentes de información,
- 2) Identificación de símbolos,
- 3) Clasificación símbolos,
- 4) Descripción de símbolos,
- 5) Verificación,
- 6) Validación.

En resumen, el producto obtenido es un conjunto de símbolos en que cada uno de ellos tiene un “nombre” que lo identifica, una “noción” que describe su significado y un “impacto” que indica el efecto de su uso. El conjunto de todos los símbolos forman una red, que permite representar al LEL en un hipertexto y navegar en él para conocer todo el vocabulario del dominio.

Es importante puntualizar que en la construcción del LEL se pueden incluir defectos [6] atribuibles a las fuentes de información y también otros que son propios de la técnica de adquisición de la información.

Entre los primeros; pueden citarse los símbolos incompletos, los sinónimos incorrectos y la omisión de símbolos.

Entre los defectos de adquisición se reconocen cuatro motivos, que son: *i)* de descripción (ej. símbolo mal descrito), *ii)* de clasificación (ej. clasificación incorrecta), *iii)* de identificación (ej. sinónimos incorrectos) y *iv)* de referencia (ej. símbolo mal utilizado).

Todo lo anterior pone en evidencia la importancia de aprender a percibir las manifestaciones que caracterizan los diferentes defectos, a fin de poder asegurar que el LEL obtenido es correcto.

Escenarios

Los escenarios describen situaciones teniendo en cuenta aspectos de uso, permitiendo: conocer el problema, unificar criterios, ganar compromiso con clientes/usuarios, organizar los detalles involucrados y entrenar a nuevos participantes. La comunidad

de software introdujo una nueva semántica para escenarios, donde un escenario es visto como una técnica de descripción que es tanto enfocada al proceso como centrada en el usuario. Los escenarios son al mismo tiempo una representación, con un alto grado de certeza y legibilidad. Esta combinación se logra mediante el uso del lenguaje natural con una estructura semiformal. Esta estructura restringe al ingeniero de requisitos, quitándole libertades en la construcción de los escenarios, pero preserva la facilidad de lectura para cualquier involucrado en el proceso. Esto implica una gran reducción del gap semántico, ya que el ingeniero de requisitos puede ser preciso al registrar la información disponible en una estructura predefinida, a la vez que el cliente/usuario no se enfrenta con una notación extraña que limita su comprensión. El uso de escenarios, como una técnica para entender el problema a resolver por un sistema de software, ha sido recomendado por numerosos autores, entre ellos [4], [5], [6], [7].

Para la construcción de escenarios se utiliza la plantilla descrita en el cuadro que se presenta a continuación [8]:

Nombre: Título de escenario
 Sintaxis: ([Actor Recurso] + Verbo + Predicado)

Objetivo: finalidad alcanzada en el contexto del problema, describe el logro del objetivo.
 Sintaxis: [Sujeto] + Verbo + Predicado

Contexto: ubicación geográfica y temporal del escenario, y/o estado inicial del mismo.

Sintaxis: Ubicación + Estado
 donde Ubicación es Nombre
 donde estado es [Actor Recurso] + Verbo + Predicado + {Restricciones}

Recurso: medios de soporte, dispositivos u otros elementos pasivos necesarios para estar disponibles en el escenario.

Sintaxis:
 Nombre + {Restricciones}

Actores: personas o estructuras organizacionales que tienen un rol en el escenario.

Sintaxis: Nombre

Episodios: Conjunto de acciones que detallan el escenario y proveen su comportamiento.

Sintaxis:
 <episodios>::=<series>

```

<series>::=<sentencia><series>
<sentencia>::=<sentencia secuencial> <sentencia
no secuencial> <sentencia condicional> <sentencia
optativa>
<sentencia secuencial>::=<sentencia episodio>
<sentencia condicional> ::= si <condicion>
entonces <sentencia episodio>
<sentencia no secuencial>::= # <series>#
<sentencia optativa>::= [<series>]
Donde <sentencia episodio> se describe:
[Actor Recurso] + Verbo + Predicado +
{Restricciones} + {Excepciones}
  
```

LÍNEA BASE DEL MODELO CONCEPTUAL

Como se había mencionado anteriormente se decidió enfocar dos perspectivas. Por un lado la vista preliminar y la definición del universo del dominio (UdD) explorando los escenarios de interés de acuerdo al uso de la aplicación. Por otro lado, la vista de la implementación, definiendo los parámetros que serán interpretados por la base de datos asociando los mismos al léxico definido en el UdD. De esta manera se asegura la trazabilidad del UdD y de los parámetros definidos en la construcción del Sistema. En resumen, se prevén:

- 1- Vista del UdD y escenarios
- 2- Vista de configuración e implementación.

En cada una se define un proceso detallado en la propuesta de solución.

MARCO CONTEXTUAL

El ámbito en que se inscribe el caso de estudio es el Centro de Entrenadores y Simuladores de Vuelo (CES), cuya actividad consiste en desarrollar Dispositivos Entrenadores de Vuelo (DEV).

Los DEV son [sistemas](#) que tienen por finalidad replicar la experiencia de pilotar una [aeronave](#), de la manera más realista y precisa posible, para lo cual existen diferentes tipos de arquitecturas, todas ellas implementadas a través de complejos sistemas computarizados y plataformas de simulación, sobre las cuales se montan los diferentes desarrollos de componentes de software para estimular y ocasionar las situaciones de vuelo.

Una de las actividades realizadas en CES es el desarrollo del software utilizado para implementar las distintas rutinas de simulación que ejecutan cálculos y conversiones de valores lógicos a unidades de ingeniería, que no están previstas en la plataforma de simulación, como así también la adquisición de datos en tiempo real que son necesarios para la retroalimentación del sistema. Además el software incita, dirige y coordina la plataforma de simulación desde el exterior por el usuario piloto e instructor.

Para poder desempeñar sus funciones, estos dispositivos deben ser configurados y ajustados. El objetivo es reproducir fielmente las características de la aeronave que se está representando en las diversas condiciones de operación, que se especifican según el manual de vuelo de la aeronave provisto por el fabricante de la misma.

Una de las principales exigencias para estos dispositivos es alcanzar una performance en las cualidades de vuelo que se aproximen a las características de la aeronave que es simulada, además de representar también por ejemplo: condiciones de falla, secuencias de maniobras, condiciones meteorológicas, etc.

Descripción del Problema

Durante el desarrollo de un dispositivo entrenador de vuelo (DEV) participan muchas disciplinas diferentes, el equipo de investigación y desarrollo involucrado esta formado por ingenieros electrónicos, de sistemas, telecomunicaciones, mecánica y cinemática, como así también por diseñadores gráficos, en conjunto con los ingenieros aeronáuticos que son quienes definen las reglas del modelo de negocio.

Esta conjunción de ciencias trae aparejado la problemática de entender el lenguaje técnico propio de cada especialidad, que intenta definir los mismos componentes desde su propio lugar provocando ambigüedades o interpretaciones incorrectas sobre el mismo objeto que se está modelando. Para superar este problema se debe encontrar el foco en el punto de origen, dado que cada disciplina tiene diferentes perspectivas

sobre la naturaleza del objeto del problema. Además resulta dificultoso intentar unificar la terminología o la definición y clasificación de los parámetros en común al equipo de trabajo, tomando como lenguaje predominante el aeronáutico, ya que el mismo escapa a las demás disciplinas intervinientes.

Por lo tanto resulta un proceso complejo lograr definir el universo del dominio para propiciar un lugar de mutuo entendimiento y convergencia de todas las disciplinas que definen una interfaz de comunicación que clasifique las entradas y salidas que conforman cada componente a desarrollar. Y muchas veces no se advierte, o se lo hace tardíamente, que los errores presentados en las etapas avanzadas del desarrollo de los DEV son a causa de interpretaciones incorrectas del dominio a modelar.

CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio está acotado a la primera etapa del desarrollo de un dispositivo entrenador de vuelo categoría 5 según la norma FAR 60 [9]. Esta etapa está compuesta por dos actividades principales: 1) la parametrización y 2) el mapeo de parámetros.

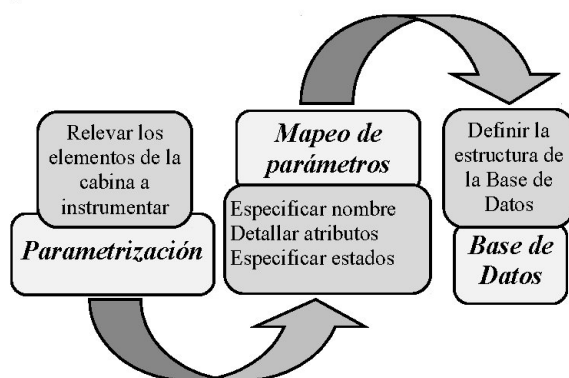


Figura 1: Esquema de desarrollo del dispositivo

Estos dispositivos deben representar una réplica de instrumentos, equipamiento, paneles y controles de una aeronave en una cabina de vuelo abierta o en un cockpit cerrado [10].

Incluyendo los equipos y programas de computadora necesarios para representar las operaciones en tierra y en las condiciones de vuelo de una aeronave, teniendo un com-

pleto abanico de capacidades de los sistemas instalados, según corresponda a su nivel de certificación.

En la primera etapa del desarrollo de un DEV se realiza el relevamiento de todos aquellos elementos a instrumentar que componen la cabina de la aeronave que se decide simular. Estos elementos van a definir los diferentes parámetros que se verán involucrados en todas las actividades restantes del desarrollo del dispositivo.

Cuando se hace referencia al término parámetros, se quiere significar a todas las variables del tipo analógicas o digitales según su clasificación y que dan lugar a distintos procesos en un determinado sistema. Estos parámetros podrán ser entradas como así también salidas.

Los parámetros deben ser numerados, unívocos, detallados en su elemento y especificados en su implementación, logrando así definir una base homogénea y de mutuo entendimiento entre los componentes de hardware que involucra al cableado en sí, el desarrollo de los módulos de Adquisición de Datos y los componentes de software.

Se entiende por Módulo de Adquisición de Datos al conjunto de dispositivos que permitirán controlar y gestionar ciertos recursos del sistema con el fin de conseguir objetivos de funcionamiento específicos

En resumen se logra una interfaz de comunicación que define la entrada o salida de los distintos componentes. Esta actividad se denomina “mapeo de parámetros” y conforma la definición de la estructura de la base de datos.

Luego, en base a este relevamiento se despliegan todas las demás actividades que conllevan al desarrollo completo del dispositivo entrenador de vuelo.

Existen 3 cimientos de base para el desarrollo de un DEV. El primero constituido por componentes de hardware, el segundo es la electrónica asociada al hardware y el tercero es el software necesario para generar los procesos iterativos de cálculo que estimulan la simulación desde

el exterior por el usuario.

Los componentes de hardware son la interfaz de usuario, es decir todos los elementos o comandos de vuelo que un piloto debe accionar para volar una aeronave (interruptores, perillas, controles de mandos, etc.), siendo este hardware el que genera el input del dispositivo.

Estos elementos se convertirán en uno o más parámetros que definen el estado de un componente y el comportamiento del mismo dentro de la simulación.

Como segundo cimiento se definió la electrónica que está asociada al hardware, la cual, mediante un firmware permite filtrar, interpretar y generar señales discretas las cuales finalmente serán registradas en una base de datos dejando reflejado los distintos cambios de estados producidos por el accionamiento físico del hardware.

El tercer cimiento, es el componente de software de tipo add-on, que será el encargado de leer de la base de datos los parámetros, procesar los valores de entrada en unidades de ingeniería y ejecutar la programación del comportamiento del componente que cambió de estado.

SOLUCIÓN PROPUESTA

A partir de lo expuesto, el proceso que se define en cada una de las perspectivas mencionadas integrará los pasos de construcción del DEV descrito en el caso de estudio e incorporará actividades que aplican las técnicas de formalización del UdD.

Además, se incluirán actividades de verificación y validación que garantizan la generación de un léxico común que pueda ser interpretado por todos los stakeholders (ingenieros aeronáuticos, de sistemas, electrónicos, etc.) y que surjan de los escenarios del UdD, estando todo esto referenciado con hipertexto.

Como consecuencia, el término quedará asociado al nombre específico del parámetro que se utilizará para el funcionamiento del DEV y a los atributos que debe tener de

acuerdo a las perspectivas de las diferentes disciplinas.

Modelo de Perspectivas

Vista del UDD y escenarios: En esta etapa se detalla el proceso de las técnicas utilizadas.

1-Identificar fuentes de información.

Las fuentes de información obtenidas son los elementos de la cabina a instrumentar, el manual de vuelo del avión y las personas involucradas: el piloto, ingenieros de las áreas implicadas.

2-Identificar el léxico preliminar del dominio.

Para facilitar la comprensión del funcionamiento de un DEV se seleccionaron tres situaciones básicas, que luego serán ampliadas al aplicarse las técnicas elegidas. Las mismas fueron realizadas con el piloto y el manual de vuelo del avión. Un DEV debe ser capaz de efectuar el *despegue*, desarrollar el *vuelo* y realizar el *aterrizaje*

Aplicando la técnica del LEL se comienza enunciando los conceptos relevantes que surgieron en las entrevistas con el equipo de trabajo. Estos conceptos fueron tomados como símbolos candidatos del LEL. Entre ellos se describen los más relevantes y descriptivos de acuerdo a las situaciones básicas planteadas para este trabajo: Procedimiento de aterrizaje, Accionar ciclo de extensión del tren de aterrizaje, Piloto, DEV: Dispositivo de Entrenador de Vuelo, Palanca de mando del tren de aterrizaje, Llave selectora del FLAP, FLAP, Circuito de Trafico, Interruptor de faros de aterrizaje, Luces de advertencia del tren de aterrizaje, Palanca de mando del motor, Tren de nariz.

3-Definir escenarios relevantes del dominio.

A partir del universo del dominio se definen escenarios que representan las funcionalidades necesarias de acuerdo al comportamiento esperado del simulador.

Para simplificar la comprensión del caso y poder validar la aplicación de las técnica se seleccionan dos escenarios bien representa-

tivos que muestran el conjunto de conceptos mencionados anteriormente:

ESCENARIO 1	
TITULO	PROCEDIMIENTO DE ATERRIZAJE
OBJETIVO	Aterrizar la aeronave.
CONTEXTO	El piloto se encuentra realizando un vuelo virtual ubicado dentro de la cabina del DEV. Se debe 7presentar la necesidad de aterrizar la aeronave.
ACTORES	- <u>Piloto</u>
RECURSOS	- <u>Dispositivo entrenador de vuelo (DEV)</u>
EPISODIOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reduzca la velocidad a 180 nudos 2. Establezca una altura de 1000 ft a nivel del terreno 3. Ingrese al <u>circuito de tráfico</u> a una velocidad máximo de 145 nudos 4. Accione la <u>palanca de mando del tren de aterrizaje</u> en la posición Baja para iniciar el <u>ciclo de extensión</u>. 5. Accione la <u>llave selectora del flap</u> a la <u>posición LDG</u> 6. verifique el funcionamiento de los frenos 7. Accione <u>interruptor de faros de aterrizaje</u> a la <u>posición SI</u> 8. Verifique que <u>las Luces de advertencia del tren de aterrizaje</u> (nariz, izquierda y derecha) estén encendidas 9. Coloque la <u>palanca de mando de motor</u> en la posición REV con el <u>tren de nariz</u> en el suelo 10. Aplique frenos 11. Coloque la <u>palanca de mando de motor</u> en la posición de RODAJE.
EXCEPCIONES	

ESCENARIO 2	
TITULO	ACCIONAR CICLO DE EXTENSIÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE
OBJETIVO	Realizar el destrabado del <u>tren de aterrizaje</u> desde la <u>posición retraída</u> , su extensión y trabado en la <u>posición extendida</u> .
CONTEXTO	El <u>piloto</u> se encuentra realizando un vuelo virtual ubicado dentro de la <u>cabina del DEV</u> . Se debe presentar la necesidad de extender el <u>tren de aterrizaje</u> para aterrizar.
ACTORES	- <u>Piloto</u>

RECURSOS	- <u>Dispositivo entrenador de vuelo (DEV)</u>
EPISODIOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ubicar visualmente la <u>palanca de mando del tren de aterrizaje</u> en el panel frontal inferior 2. Si la <u>palanca de mando del tren de aterrizaje</u> está en la <u>posición NEUTRO</u> entonces el piloto inicia el <u>ciclo de extensión</u> accionando la <u>palanca de mando del tren de aterrizaje</u> llevando la palanca de mando desde la <u>posición NEUTRO</u> a la <u>posición BAJA</u>. 3. La <u>palanca de mando del tren de aterrizaje</u> retorna a la posición NEUTRO 4. El <u>tren de aterrizaje</u> es extendido y trabado. 5. Las <u>luces de advertencia de tren</u> se encienden
EXCEPCIONES	<ul style="list-style-type: none"> - falla en el <u>sistema principal del tren de aterrizaje</u> - falla en el <u>sistema de hidráulica</u>

Note que en la descripción de los escenarios se resaltan los símbolos identificados del UdD que forman parte del LEL, los mismos contienen un hipervínculo que los asocia con la descripción de noción e impacto que sugiere la técnica.

4- Definir el Léxico Extendido del Lenguaje.

En esta etapa se construye el LEL basado en las fuentes de información (elementos de cabina a instrumentar) y los escenarios: Identificar símbolos, clasificar símbolos, describir símbolos. En este proceso se identifican los elementos de cabina a instrumentar de acuerdo a los escenarios definidos, de esta manera se integra la etapa de parametrización y mapeo que se menciona en el caso de estudio.

SIMBOLOS	
Objeto	CIRCUITO DE TRÁFICO
Noción	- Es un patrón de vuelo que sigue una trayectoria rectangular alrededor del aeropuerto. Uno en paralelo a la pista y otro sobre la pista.
Impacto	- Es utilizado para mantener un flujo de tráfico aéreo ordenado entre las aeronaves que aterrizan y despegan en los alrededores del aeropuerto.

SIMBOLOS	
Objeto	LLAVE SELECTORA DEL FLAP
Noción	<ul style="list-style-type: none"> - Es un interruptor físico que extiende o retrae los <u>flap</u>, posee tres posiciones: <u>UP</u>: posición totalmente retraído a cero grados <u>T/O</u>: posición de despegue a doce grados <u>LDG</u>: posición de aterrizaje a treinta y cinco grados - Lo opera el <u>piloto</u> - Está ubicado en la <u>consola izquierda</u>.
Impacto	- Es utilizado para variar la superficie y forma del ala con el fin de aumentar la <u>sustentación</u> en las maniobras de aterrizaje y despegue.

SIMBOLOS	
Objeto	FLAP
Noción	- Superficies que se encuentran en las alas, en la parte más cercana al <u>fuselaje</u> .
Impacto	- Permiten, al ser desplegadas, aumentar la sustentación del avión.

SIMBOLOS	
Objeto	INTERRUPTOR DE FAROS DE ATERRIAJE
Noción	<ul style="list-style-type: none"> - Es un interruptor físico que posee dos posiciones: <u>Prendido</u>: enciende los faros de aterrizaje <u>Apagado</u>: apaga los faros de aterrizaje - Lo opera el <u>piloto</u> - Está ubicado en <u>panel frontal</u>
Impacto	- Ayuda a la visibilidad cuando la aeronave vuela a baja altura.

SIMBOLOS	
Objeto	LUCES DE ADVERTENCIA DEL TREN DE ATERRIAJE
Noción	<ul style="list-style-type: none"> - Son tres interruptores físico que poseen dos posiciones cada uno: <u>Prendido</u>: enciende una advertencia visual de color verde. <u>Apagado</u>: apaga la advertencia. - Lo opera el <u>piloto</u> - Está ubicado en <u>panel frontal inferior</u>
Impacto	-Encendida Indica que el tren de aterrizaje se encuentra en <u>posición extendido y trabado</u> .

SIMBOLOS	
Objeto	PALANCA DE MANDO DE MOTOR
Noción	<ul style="list-style-type: none"> - Es una palanca que realiza un recorrido dividido en 4 zonas: <u>MIN</u>: desenbandera la hélice <u>RODAJE</u>: cambia la operación de marcha lenta de vuelo a marcha lenta en tierra <u>REV</u>: aumenta la rotación del generador de gases y disminuye el paso de las <u>palas</u>. <u>MAX</u>: aumenta solamente la rotación del <u>generador de gases</u>

	- Lo opera el <u>piloto</u> - Está ubicado en la <u>consola izquierda</u>
Impacto	- Opera el conjunto de <u>motor</u> y <u>hélice</u>

SIMBOLOS	
Objeto	TREN DE NARIZ
Noción	-Es un dispositivo con ruedas de neumáticos situado en la <u>nariz</u> de la aeronave.
Impacto	- Ayuda y da soporte en el aterrizaje.

Nota: Por razones de espacio no todos los símbolos están definidos en el documento.

Una vez identificados los símbolos con su noción e impacto se debe aplicar el proceso de inspección.

Basado en los escenarios se realiza la etapa de parametrización y mapeo de parámetros, integrando el proceso planteado:

- Definir los parámetros para cada elemento.
- Detallar los atributos
- Especificar los estados que pueden asumir.
- Plantear su implementación, definir valores, estados del parámetro, unidades, etc.

En el esquema que se presenta a continuación se ejemplifican los atributos de los parámetros que complementa la definición de la simbología. La tabla 1 muestra los parámetros y atributos de los símbolos presentados en este trabajo .



Figura 2: Esquema de simbología

5- Verificar LEL y escenarios

La ingeniería de software ha utilizado ampliamente las inspecciones como técnica de verificación y validación. Para realizar la verificación del LEL se propone un proceso de inspección que se considera apropiado para esta aplicación [11]. La inspección logra una importante mejora tanto en la calidad del LEL producido como en los escenarios, demandando actividades de planeamiento, preparación y reunión. En las primeras reuniones se realizan ajustes sobre

los escenarios y el LEL, agregando símbolos y adecuando la noción y el impacto de cada uno. Para ello se utilizaron formularios y plantillas que no se muestran aquí por razones de espacio. Así mismo se realizó una verificación del principio de circularidad, que permitió detectar símbolos que no son mencionados en los escenarios, y de esta manera controlar si los mismos no pertenecen al universo del dominio o fueron omitidos por equivocación. El siguiente formulario muestra una matriz de doble entrada que está destinada a corroborar este principio. El Escenario 1 (E1) es el Procedimiento de aterrizaje y el Escenario 2 (E2) es el Accionar ciclo de extensión del tren de aterrizaje:

Matriz de doble entrada

Símbolos	E1	E2
Piloto	x	x
DEV: Dispositivo de Entrenador de Vuelo	x	x
Palanca de mando del tren de aterrizaje	x	x
Llave selectora del FLAP	x	
FLAP	x	
Circuito de Tráfico,	x	
Interruptor de faros de aterrizaje,	x	x
Luces de advertencia del tren de aterrizaje	x	x
Palanca de mando del motor	x	
Tren de nariz.	x	

6- Validar el LEL

La validación del LEL se realizó en varias etapas, y desde que se construyó el LEL preliminar se organizaron sesiones de inspección con los involucrados para validar los símbolos identificados. Igualmente, su formalización queda registrada al final del proceso con un informe de inspección. Además, en esta etapa se recurrió al tercer pilar del proceso del desarrollo del DEV: la base de datos. Y de esta manera se realizó la validación de los símbolos y su impacto, asegurando que los parámetros y su conjunto de atributos asociados sean los que quedaron definidos

en el LEL, en función del escenario, y en la tabla de parámetros a la cual cada símbolo

hace referencia.

SÍMBOLO	NOMBRE PARAMETRO	DESCRIPCIÓN	TIPO	IMPLEMENTACION	ESTADOS
LLAVE SELECTORA DEL FLAP	LS_CI_FLAPS	Selector de posición de FLAPS - UP: totalmente extraído 0°, T/O: posición de despegue 12°, LDG: posición de aterrizaje 35°	ED	EM	0 - T/O 1 - UP 2 - LOG
INTERRUPTOR DE FAROS DE ATERRIZAJE	INT_PFS_ATERR	Enciende o apaga los faros del tren de aterrizaje	ED	EM	0 - apagado 1 - encendido
LUCES DE ADVERTENCIA DEL TREN DE ATERRIZAJE	<u>LZV PFI NARIZ</u> <u>LZV PFI TREN EXT</u> <u>TRABADO IZO</u> <u>LZV PFI TREN EXT</u> <u>TRABADO DER</u>	Enciende una advertencia visual verde cuando el tren está extendido y trabado.	SD	EM	0 - apagado 1 - encendido
PALANCA DE MANDO DE MOTOR	PAL_CI_MANDO_MOTOR	Palanca de Mando del Motor - MIN (derecha): desenbandera la helice, RODAJE: cambia a marcha lenta de rodaje, REV: aumenta la rotacion del generador de gases y disminuye el paso de las helices, MAX: aumenta solamente la rotacion del generador de gases	EA	EM	Valores de 0 a 1000 MAX 1000 a 800 MIN 800 a 300 RODAJE 300 a 100 REV 100 a 0

RESULTADOS

El resultado de la experiencia demostró que las técnicas de obtención de requerimientos, tales como el LEL y los escenarios, pueden incorporarse a un proceso más complejo permitiendo facilitar la unificación del UdD, y no interfieren con la necesidad de agregar atributos específicos que el ámbito del desarrollo requiere para activar el funcionamiento del DEV.

La solución aplicada permitió definir una nomenclatura a distintos niveles de detalle, en la cual con solo leer el nombre del símbolo cada miembro del equipo involucrado sabe con exactitud el componente del DEV que representa, en qué lugar está ubicado dentro de la cabina, y que valores puede asumir durante su funcionamiento.

CONCLUSIONES

La adecuada comprensión del universo del dominio que se está modelando, en el ámbito de un proceso de desarrollo multidisciplinario, hace imperioso disponer de un lenguaje preciso, consistente y no ambiguo.

En este marco se estudiaron alternativas y se seleccionaron al *Léxico Extendido del Lenguaje* y los *Escenarios* como elementos centrales de un proceso destinado a asegurar la disponibilidad de un *Universo de Discurso* adecuado, que sea consolidado a través de hipervínculos y apropiadamente enriquecido con los parámetros específicos de la aplicación. El procedimiento propuesto fue aplicado a un caso de estudio reducido, correspondiente a un simulador de vuelo, con el que se ejemplifican los objetivos y resultados obtenidos en las sucesivas etapas. Cabe destacar que la propuesta surge de progresivas experiencias previas realizadas en el ámbito de los simuladores de vuelo, habiéndose encontrado en el *Léxico Extendido del Lenguaje* y los *Escenarios* una respuesta a la necesidad de hacer más sistemática y segura la especificación de los requerimientos. Los resultados fueron exitosos y se continuará perfeccionando la propuesta aquí presentada.

REFERENCIAS

- [1] Gibbs, W.; *Software's Chronic Crisis*, Scientific American, Pg. 86, Septiembre 1994.

- [2] Booch, G.; Object Oriented Design with Applications, The Benjamin Cumming Publishing Company, Inc., Redwood City, 1991.
- [3] Alpaugh T.A., Antón A.I., Barnes T., Mott B.W.; An Integrated Scenario Management Strategy. International Symposium On Requirements Engineering (RE99), Limerick-Irlanda (IEEE Computer Society Press, Pgs.142-149, 1999.
- [4] Leite, J., Franco, A.; O Uso de Hipertexto na Elicitação de Linguagens da Aplicação, Anais de IV Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, SBC, Pgs.134-149, 1990.
- [5] Leite, J.; Application Languages: A Product of Requirements Analysis, Departamento de Informática, PUC-/RJ, 1989.
- [6] Hadad, G., Kaplan, G., Oliveros, A., Leite, J.; "Integración de Escenarios con el Léxico Extendido del Lenguaje en la elicitación de requerimientos: Aplicación a un caso real", Revista de Informática Teórica y Aplicada, Vol. 6, Nro. 1, 1999 .
- [7] <http://www.x-plane.com/desktop/home/>, 2015.
- [8] Leite J., Rossi G.; Enhancing a Requirements Baseline with scenarios. Proceedings of RE 97: International Symposium on Requeriments Engineering, IEEE. Enero 1997.
- [9] Federal Aviation Regulation (FAR 60). Flight Simulation Training device initial and continuing qualification and use. 1992.-
- [10] Diccionario de Términos Técnicos y Militares. Base Aerea Lackland, Texas. 2001.
- [11] Kaplan, G., Hadad, G., Doorn J., Sampaio Do Prado Leite, J.; "Inspección del Léxico Extendido del Lenguaje" WER2000. Workshop de Engenharia e Requisitos.

Datos de Contacto:

Mira, Natalia *ncmira@gmail.com*
Clark, Valeria *valeriacklark@hotmail.com*
Felippa, Marcos *marcosfelippa@hotmail.com*
Giró, Juan *juanfgiro@gmail.com*
Bussoli Juan *juanbussoli@gmail.com*