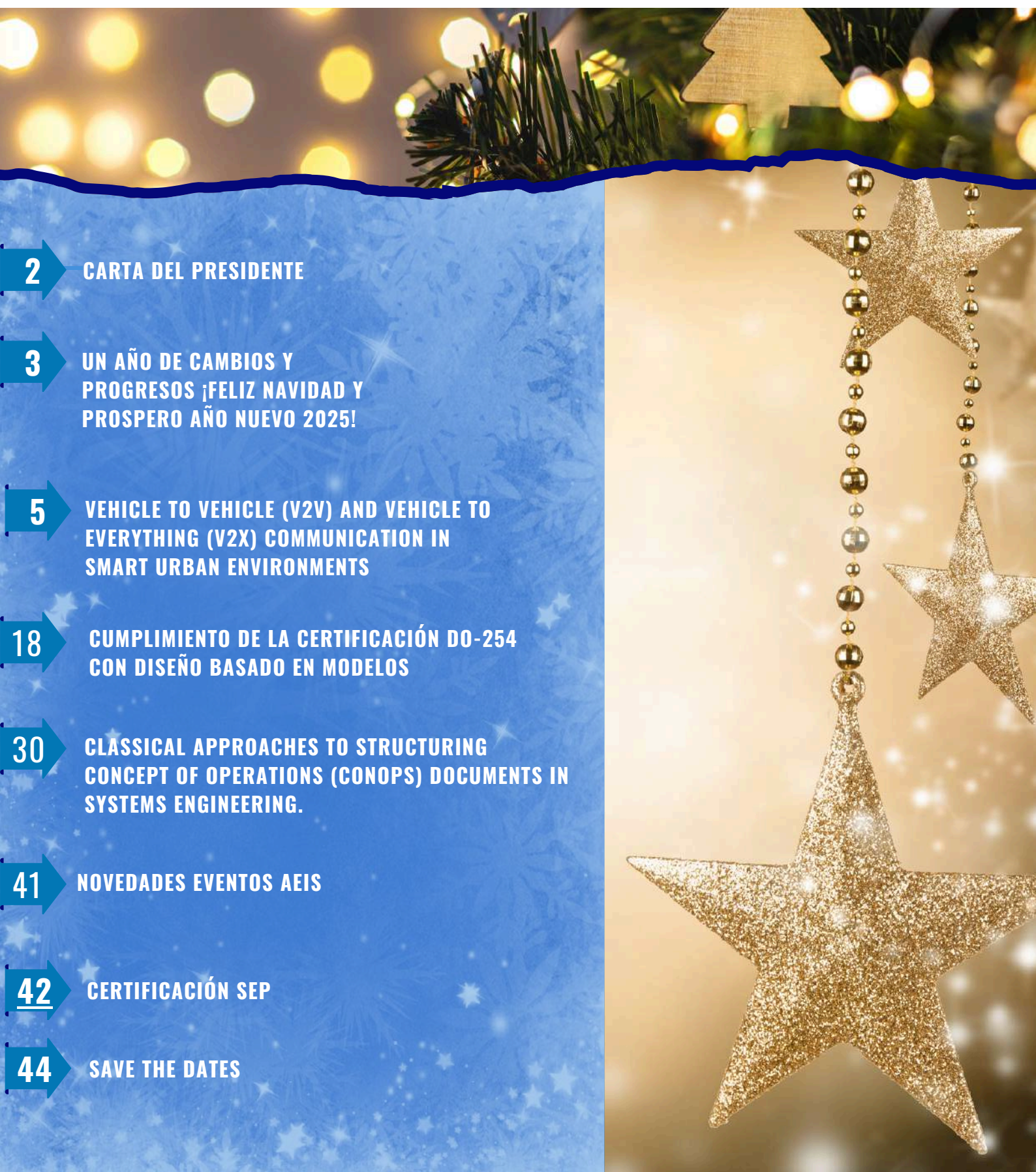


- 
- 2** CARTA DEL PRESIDENTE
  - 3** UN AÑO DE CAMBIOS Y PROGRESOS ¡FELIZ NAVIDAD Y PROSPERO AÑO NUEVO 2025!
  - 5** VEHICLE TO VEHICLE (V2V) AND VEHICLE TO EVERYTHING (V2X) COMMUNICATION IN SMART URBAN ENVIRONMENTS
  - 18** CUMPLIMIENTO DE LA CERTIFICACIÓN DO-254 CON DISEÑO BASADO EN MODELOS
  - 30** CLASSICAL APPROACHES TO STRUCTURING CONCEPT OF OPERATIONS (CONOPS) DOCUMENTS IN SYSTEMS ENGINEERING.
  - 41** NOVEDADES EVENTOS AEIS
  - 42** CERTIFICACIÓN SEP
  - 44** SAVE THE DATES

# CARTA DEL PRESIDENTE:



*Luis Andrés Olmedo*

*Presidente - AEIS-INCOSE*

*Senior SE & MBSE - AIRBUS DEFENCE AND SPACE*

*Fundador - SISTEMISTAS*

Estimado socio de AEIS, en este segundo y último boletín informativo de 2024 me gustaría hacer un breve repaso de las actividades que en la junta directiva, como equipo, estamos llevando a cabo de cara a cumplir el objetivo prioritario de la asociación, que no es otro que la difusión y promoción de la Ingeniería de Sistemas en España.

De los eventos ya pasados y los que están por llegar puedes leer en este mismo boletín un escrito de Alberto, nuestro coordinador de eventos. Huelga decir que todos ellos han sido y son posibles gracias a la participación de nuestros CAB y otros miembros que voluntariamente colaboráis con AEIS, muchas gracias por ello. En este sentido me gustaría dar especial relevancia a la nueva edición del ASEW (Applied Systems Engineering Workshop), organizado por la Universidad Europea de Madrid en colaboración con SENER, ISDEFE y nosotros, AEIS, y que en junio de 2025 promete volver a unir conocimiento y ganas de compartir en un evento que ya se consolida como referente a nivel nacional. No dudes en asistir si puedes.

Por otro lado, estamos colaborando con INCOSE LATAM en la traducción de la nueva edición del Handbook de INCOSE. Queremos así promover y unificar nuestra disciplina, unidos por un idioma común que hace de esta comunidad un grupo aún más grande en el que compartir, sin importar a qué lado del océano se esté. A lo largo de 2025 se sabrán más noticias sobre esta actividad.

El grupo de trabajo de MBSE tiene actividad constante, trabajando en conocer y promover el estado de la aplicación de la ingeniería de sistemas basada en modelos en España. Es nuestro grupo de trabajo más activo, coordinado y liderado por compañeros de distintas empresas del sector. Seguro que en 2025 tendremos noticias nuevas sobre su actividad.

En cuanto al grupo de trabajo de requisitos, hace poco hemos lanzado una solicitud de voluntarios para coordinar sus actividades que, creemos, pueden tener cierta relevancia en España. Hay empresas del sector trabajando en requisitos en Español y seguro que encontramos un modo de promover esa actividad con vuestra ayuda.

En lo referente al contacto con la academia, tanto Raquel como Alfonso, los responsables de la junta para ese ámbito, han estado manteniendo contacto con distintas Universidades y a lo largo del año que viene espero que podamos contarte que hemos participado en distintas actividades de promoción de la disciplina.

Por último, te recuerdo que el año que viene se celebra en Sevilla, del 1 al 4 de febrero, el International Workshop de INCOSE. Por primera vez en España y por primera vez fuera de Estados Unidos, nuestro País tiene el privilegio de acoger este relevante evento en el que, sin duda, tendremos ocasión de compartir cerca de casa con los protagonistas más relevantes del mundo en Ingeniería de Sistemas. Puedes ver toda la información en <https://www.incose.org/iw2025>.

**Espero que 2024 haya sido profesional y personalmente provechoso para ti y te deseo un 2025 pleno.**

# UN AÑO DE CAMBIOS Y PROGRESOS ¡FELIZ NAVIDAD Y PROSPERO AÑO NUEVO 2025!



*Anabel Fraga*

*Directora Técnica - AEIS INCOSE*

El 2024 ha sido un año en el que la asociación ha podido crecer en interacciones con INCOSE a nivel global. Hemos logrado incorporar más patrocinadores al Comité Asesor (CAB). Hemos ganado nuevamente el Silver Circle Award. Continuamos impulsando webinars y semanarios, así como eventos que ayudan a incorporar al estado del arte de la Ingeniería de Sistemas, avances e innovación. Hemos podido participar en el comité técnico de INCOSE para revisión y generación del programa del IS2024 que ha sido en Dublin, Irlanda. Y hemos conseguido colaborar en la prueba de que España es un destino favorable con el EMEAWSEC2023, pudiendo realizar el IW2025, por primera vez en Europa.

Mejoramos el sistema de membresías para centralizarlo en INCOSE, evitando solapes, falta de datos entre ambos sistemas, dando pie a ser pilotos en el sector de INCOSE EMEA a otros capítulos para centralizar información en vez de dividir, como se hace en la mayoría de las asociaciones a nivel mundial ya que se considera una buena práctica y mejora la calidad y la homogeneidad de las interacciones.

Estamos en marcha en la traducción del Handbook v5 de INCOSE, estando en fases finales, y comenzaremos con la revisión cruzada de expertos en enero. Si estáis interesados, en ser revisores, ¡por favor contactadme! El handbook estará disponible a nivel nacional y de Latinoamérica, es un proyecto conjunto entre INCOSE LATAM que permite poner en común, conceptos y términos a nivel general. Es un proyecto conjunto que lanzaremos el primer semestre del 2024, y esperamos que sea del agrado de todos.

En este año hemos logrado consolidar los roles de community manager, administración y servicios legales estables. Para el próximo año los seguiremos trabajando y evolucionando, ya que las actividades en la asociación evolucionan también. Ha sido un año de crecimiento en miembros del CAB de la asociación en un alto porcentaje, incorporando a EXPLEO Iberia, ANZEN, y a INVENSITY que comenzará en enero de 2025. Se ha continuado la colaboración con SESGE, y creando eventos y webinars interesantes para los miembros de INCOSE España.

Culmina el año publicando en nuestras redes sociales que estamos buscando nuevos miembros que quieran relevar liderazgo en los grupos de trabajo de MBSE y de Requisitos. A nivel económico la asociación continua estable y sólida, realizando actividades de sponsoring a eventos y actividades STEAM y de eventos de Ingeniería de Sistemas, de proyectos de los WG y proyectos como el de la traducción del Handbook v5. Hemos continuado participando en alianzas estratégicas para realizar el evento ASEW (Applied Systems Engineering Workshop) en 2024 y 2025, en colaboración con la Universidad Europea, SENER e ISDEFE. Y se ha convertido en un evento de referencia para casos aplicados y talleres que permiten que los profesionales y organizaciones puedan conversar sobre el estado del arte de la Ingeniería de Sistemas en España.

Continuamos colaborando con el Technical Leadership Institute (TLI) enviando nuevos participantes cada año, dando a conocer el talento que existe en España y formando a líderes. Si estáis interesados en participar, por favor, ¡avisadme!

De más estar decir que es de agradecer el trabajar con el equipo humano que tenemos, y del cual hemos rodeado a la asociación, y que tienen una constante preocupación por hacer crecer la Ingeniería de Sistemas en España de una manera generosa. Nuestra creencia es que las personas son lo primero, las que dan sentido a lo que hacemos y las que forjan las empresas que nos apoyan. Gracias por seguir con nosotros, por apoyarnos y por el gran grupo de voluntariado que hemos creado estos años, así como a todas las organizaciones que ya forman parte del CAB de AEIS.

Queremos agradecer todo vuestro apoyo y seguimiento durante este tiempo, y sobre todo este año cuando nuestros CABS han permanecido y crecido a nuestro lado, y vosotros como miembros de igual manera. Y como suelo decir todos los años: ¡Ya tenemos nuestro mayor regalo para estas fechas! ¡Vosotros! Y siempre será así.

Finalmente, queremos desearos unas Felices Fiestas, una navidad llena de paz, salud, y alegría. Que este nuevo año 2025 venga lleno de prosperidad, aprendizajes, y reflexiones ante las situaciones vividas, que nos ayuden a ser mejores personas y profesionales.

**¡FELIZ NAVIDAD Y FELIZ AÑO NUEVO 2025!**

2025

¡Un fuerte abrazo de parte de toda la familia de INCOSE España!

# VEHICLE TO VEHICLE (V2V) AND VEHICLE TO EVERYTHING (V2X) COMMUNICATION IN SMART URBAN ENVIRONMENTS

*Santiago Ferrer Jover*  
*Industry 5.0 Systems Engineering Program Manager*  
Engineering Group



## 1. MBSE: A creature of powerful capabilities for V2V and V2X comms.

**Model-Based Systems Engineering (MBSE)** allows to introduce virtual models in the complete product or service life cycle; from the first line on the drawing board to the end of life and final recyclability. These models can replicate not only 3D designs but the complete working operation and behaviour of complete Systems and, what is even more relevant, Systems of Systems interconnected.

Now, think about the **interconnection of all players making up a Smart City...** Motor-Car drivers, skaters, motor-bikers, cyclists, pedestrians and heavy vehicles such as buses and lorries. Here comes into play the concept of **Vehicle to Vehicle communication (V2V)** and **Vehicle to Everything communication (V2X)**... **X** denoting anything connected to Internet. We refer to V2X as a general case where any entity can be connected to another emitting and transmitting messages and key information. **MBSE has revealed as the perfect fit for designing, deploying and exploiting from head to toes, such a complex System as a the traffic flow in a modern city.**

V2X allows vehicles to communicate with each other, with other categories of road users and with infrastructure and the broader network. The intent is to improve road safety, increase traffic efficiency and save energy by enabling real-time data exchange and communication among all road users. Main advantages and among our **V2X goals** are:

- **Improving safety and getting safer micro-mobility. Reduce emissions.**
- **Increasing traffic efficiency** and improved transportation system management.
- **Better accessibility for drivers** with disabilities.

As V2X communications scope is so wide, **we propose at CT Engineering Group** the following use cases for driving assistance, as the most important ones depending of we talk about a highway or a street in the urban jungle:

- **Intersection Movement Assist (IMA)** to avoid unexpected collisions.
- **Overtake Movement Assist (OMA).**
- **Sudden Brake Assist (SBA) warning.** Second stage is inference to the mechanicals.
- **Emergency Vehicle Warning (EVW) for V2V.** Careful eye on ambulances, police, fire-trucks...
- **ADAS Sensors connected to virtual SIMULATORS** for quick and cost-effective fine tuning.
- **Traffic Light Timing Assist (TLTA)** and variable speed limit warning.
- **Inform Driver Speed Warning (IDSW)** to go "always under the green lights"
- **Road inspection** and improvement using our own sensors.
- **Smart City traffic manager** using all-round sensors. Can vehicles rule traffic in the city!??
- **Self-calibration of our own sensors** with the aid of other road users and infrastructure.
- **Remote Driving** to improve operations efficiency in vehicle fleets.
- **Cyberprotection on V2X** communications.

We will see along this article the **most relevant cases** we are working on at CT Engineering Group.

Most of **warning systems are thought to detect, much in advance, the presence** of what has become to be called as **VRU (Vulnerable Road Users)**. Additional proposals we are thinking about copes with extensive use or **advanced ADAS sensors** in the fashion of **Lidars, Radars, Cameras and Ultrasonics**.

For the coming future we project to interact with established network and **widening the communication with universal city users**, and finally even the **inference with vehicles' own safety systems** (brakes, steering and suspension) to avoid collisions and accidents. Plain path to **autonomous driving** assistance systems.

We like to highlight the fact the possibility to use **communications not only between land vehicles and to and from infrasture assets but also to and from aerial platforms**, what we call as **UAVs or Drones**. Aerial surveillance has been developed so far, we cannot avoid and dismiss the huge amount of information from the air.

A special chapter is dedicated to our **own development line regarding hardware**, in the form of a **V2X set design** and constructed according to our own specifications. Also, we are working in a new **ECU** as th main gateway of communication with the outer world from our own vehicle.

In recent years, the automotive industry has seen an accelerated development of new technologies to improve road safety and reduce traffic congestion. **V2X allows vehicles to communicate with each other**, with other categories of road users and with infrastructure and the broader network (**Figure 1**). The intent is to **improve road safety, increase traffic efficiency and save energy** by enabling real-time data exchange and communication among all road users. Vehicles can share information on their speed, position and direction with other vehicles and infrastructure elements. The technology helps vehicles avoid collisions even when the extent of the risk is not immediately or readily apparent.



**Figure 1:** V2X allows vehicles to communicate with each other, with other road users and with infrastructure.

The first attempts to introduce communication among vehicles date back to the 1970s, with projects such as the Electronic Road Guidance System (ERGS) and CACS (Comprehensive Automobile Traffic Control System). The development of V2X technology was slow over the next few decades; it was only after 2000 that significant steps were taken toward practical development. Early systems focused on vehicle-to-vehicle (V2V) communication for safety applications like collision avoidance. The R&D then expanded to include other forms of V2X communications, such as vehicle to infrastructure (V2I) and vehicle to pedestrian (V2P).

## 2. V2X communications

### 2.1. Introduction.

V2X communications can be **wireless LAN**, or **cellular-based. WLAN (IEEE 802.11p)**-based communication uses a 5.9-GHz frequency band dedicated to the transportation sector. It was the original approach used for V2X and allows direct communication between vehicles without the need for cellular networks. Cellular-based V2X (C-V2X) communication, as the name implies, uses existing cellular networks for communications between vehicles and other entities.

### 2.2. IEEE 802.11p DSRC.

Dedicated short-range communication (DSRC) using the IEEE802.11p protocol is the original approach used for V2X communication and enables both V2V and V2I communications. DSRC is based on Wi-Fi.

### 2.3. C-V2X.

Cellular V2X is a recent breakthrough in V2X communication technology. The fact that C-V2X is based on the industry-recognized 3GPP standard is one of the features in its favor.

C-V2X technology enables network and direct connection between automobiles and other automobiles, infrastructure and gadgets. It transmits data on such variables and vehicle position, speed and direction, as well as conditions on the road, between automobiles and other devices via LTE and 5G. A base station is not necessary for C-V2X direct connection.



Figure 2: Autotalks' Craton2 Global V2X communication processor.

By complementing and adding redundancy to the other vehicular sensors, C-V2X can increase the safety and effectiveness of AV driving. C-V2X can also make it possible for AVs and other road users to communicate information about traffic lights, pedestrian crossings and merging traffic. It makes movement coordination possible and lowers the chance of collisions.

The advent of the fifth-generation mobile technology has enabled 5G V2X, a technology that uses the latest New Radio (NR) for V2X communication. 5G V2X offers quicker and more dependable communication, enabling cooperative perception and movement to enhance safety and efficiency.

**CRATON 2 (Figure 2)** is Autotalks' second-generation chipset created exclusively for connected AVs and is the only available global V2X communication system, according to the company. It incorporates dual ARM Cortex A7 processors that can run full V2X middleware and applications, mobility-optimized IEEE802.11p DSRC and C-V2X direct communications (PC5) modems, an ultra-low-latency V2X hardware security module (eHSM), hardware acceleration engines for line-rate message verification and an optional, secure CAN MCU.

## 2.4. Deployment of V2X.

The number of vehicles equipped with **V2X technology is rising by the month** and at an increasing rate, making it difficult to pinpoint the total market's size. At the end of 2020, according to analysts' estimates, there were roughly 0.7 million vehicles on the road with V2X capabilities; by 2025, that number is predicted to reach 35.1 million. More automakers plan to include V2X technology in their automobiles, complicating forecasts.

The international New Car Assessment Programs (**NCAP) award safety points for V2X usage**, incentivizing automakers. Local hazard warnings will be graded starting in 2023 in Europe, followed by basic V2X use cases in 2026 and advanced use cases in 2029. Basic V2X use cases in China will be graded in 2025 and advanced use cases in 2028. As a result, automakers that support V2X will top the lists for vehicle safety. Mopeds and powered two-wheeler (PTW) motorcycles are becoming increasingly common means of transportation. Nearly 37 million PTWs are already in use in Europe. Despite the dangers of operating this type of motorized transportation and the vulnerability of the passengers, PTW riders have not benefited to the same extent as car occupants from the numerous advancements made in vehicle safety.

Thus, recognizing the safety potential of V2X technology, Euro NCAP Vision 2030 will require the availability of V2X features to achieve a five-star rating after 2029. Once we achieve a very high penetration between vehicles, two-wheelers and pedestrians, we can probably envision a dramatic drop in accidents and fatalities, maybe not a drop to zero, but 5% or 10% of what we see today.

## 3. CT Engineering Group V2X approach

### 3.1. Smart Cities & Road Vehicles.

It is important to note the importance and relationship between V2X communication and the smooth running of an interconnected Smart City. We can pinpoint the following aspects of improvement:

- **Traffic control avoiding pointless traffic jams and hotspots.** We can model the best routes and paths for transit and evacuation in case of emergency for all road users. We can take advantage of all sensors embedded in vehicles (radars, lidars, cameras, etc...) to road inspection and see the status of signs horizontal markings and even the quality and degradation of the pavement. Here a Digital Twin can not only detect but prevent the evolution of cracks, bumps and ditches on the asphalt in order to prevent accidents, for instance, but also we are able to have a complete up-to-date model of our environment in real time... we are able to get accurate, to the slightest details, models of our streets and its real status.
- **IoT communication from Vehicle to Vehicle (V2V) and to Everything (V2X) will be instrumental to share billions of bytes of information in the Cloud and be knowledgeable about what is happening ahead of us and round the corner.** Our vehicle can transmit and receive information, in the same way, to be updated about any danger... or the best routes to go from a point A to a point B.
- **Using the virtual world, we can perform the Self-calibration of ADAS sensors thanks to IoT and information from other vehicles.** Now it is not needed to stop a vehicle fleet for some hours in a workshop to recalibrate the sensors with specific tools. Now, we can communicate with other vehicles and the infrastructure to get information and compare it with the information we are getting by ourselves.
- **Remote driving of vehicles in urban areas and open roads now is a reality made possible by IoT connection and the power of Simulators and Digital Twins** replicating the environment sporting an extra low latency. Imagine how businesses can grow managing remotely and safely a fleet of vehicles... in the fashion of taxis, vans and small trucks... we will see it later in detail...
- And finally **Real-Time Digital Maps erected from Data taken from vehicles and UAVs are possible to better plan the Smart Cities** of the future. We insist in the fact of gathering information from the real world and combining it to virtual data generated by our Digital Twins. All in all, they contribute to better training of virtual models.

**Key safety application gives drivers advanced warning of potential hazards** in the road ahead, either using Roadside signage, or in-vehicle messaging to the dashboard systems.

Alerts that can be passed to drivers include **notifications of accident zones or traffic jams ahead**, as well as road and lane closures and the presence of work teams on the roadway (Road Works Warnings). Based on information delivered to in-vehicle systems, drivers can also be warned about a range of other conditions and factors that could be potentially hazardous. These include **adverse weather conditions, slippery road surfaces, or an animal, person, or emergency vehicle on the road.**

In urban settings, such as intersections, image processing capabilities can be used to identify pedestrians crossing, or cyclists straying into a traffic lane, for example. These hazards can be communicated directly to the vehicle, helping drivers to minimize the risk of accidents and protecting other road users.

Conversely, network based solutions enable the delivery of similar awareness information to the same vulnerable road users directly improving their safety.

On the **highway**, we can **contemplate the following uses cases and variables to monitor and guide:**

- **Digital signage & vDMS.**
- **EV Charging.**
- **Infrastructured Controlled Vehicles.**
- **Load Balancing.**
- **Multi Modal Coordination.**
- **Route Guidance.**
- **Travel Times.**
- **Consolidated Tolling Services.**
- **Managed Lanes.**
- **Curve Speed warning.**
- **End of queuing warning.**
- **Object warning.**
- **Lane Closure.**
- **Speed advisory.**
- **Stopped vehicle.**
- **Wrong Way driver.**

Thinking specifically into the **urban jungle**:

- **Bike Awareness.**
- **Emergency Vehicle Priority.**
- **EV Charging.**
- **Green Light Optimal.**
- **Speed Advisory.**
- **Ped Actuation and Awareness.**
- **Red Light Warning.**
- **Route Guidance.**
- **Transit Signal Priority.**

A growing area of concern within the Mobility ecosystem is **Vulnerable Road Users (VRUs)**. VRUs are loosely defined as the group containing pedestrians, bicyclists, mopeds, scooters, etc... Emerging technology not only allows the identification of such roadway users but also communication with them.

Now, as we have seen the importance of getting connected vehicles, we present the **building blocks** needed to apply our ideas and technology. They are:

- **Data sources for real-time traffic insights:** These typically include vehicle onboard units (OBUs), which communicate with Roadside infrastructure sensors and infrastructure, such as cameras with AI capabilities for vehicle and VRU detection. Additional data sources for OCCs may include tolling data, floating car data, C-ITS data from paired traffic management systems, and mobile data from drivers' phones or other devices.
- **Fast, reliable connectivity between C-ITS Systems (vehicles and Roadside infrastructure):** This is based on V2X technology (such as ITS-G5 or C-V2X) which supports latency-sensitive applications such as in-vehicle driver communications and warnings relating to road works, lane closures and so on.
- **Roadside infrastructure and sensors:** Solutions should provide a roadmap that enables authorities to update and optimize their existing estates of roadside infrastructure and devices. The leading roadside infrastructure solutions are now 'intelligent', using machine learning to distinguish between different types of vehicles, cyclists, pedestrians, and other objects in the roadway to support key safety applications and to enable the deployment of low-emissions zones, congestion charging schemes, and more.
- **Advanced data platforms:** To enable to function, data generated by vehicle OBUs and roadside sensors (such as cameras, radar and LiDAR) needs to be stored and processed by an advanced data platform. The leading solutions of this type support real-time processing and analytics for critical safety use cases based on descriptive, diagnostic and predictive traffic data analytics. Advanced data platforms offer a wide range of insights, including detailed analysis of traffic, travel time calculations, detection of incidents or anomalies, traffic predictions, and more.
- **Open integration with traffic management platforms.** Data from data platforms can be integrated seamlessly into traffic management systems, allowing authorities to immediately see the status of roadside units, dynamic message signs, AI cameras and all other connected devices, and the data generated by them. Traffic management platforms support a real-time view of traffic, with a decision support system to enable faster response to safety incidents or to initiate actions such as traffic re-routing or 'green wave' applications when needed to speed up traffic flow.

### 3.2. Project use cases and V2X applications.

#### 3.2.1. Vehicle to Vehicle communications (V2V).

##### 3.2.1.1. Intersection movement assist.

For operational services, such as transit and emergency responses, priority and pre-emption of the signaling systems increases not only Mobility, but also increases efficiency and improves safety for both first responders and people at intersections.

In the case of emergency response, reducing response time even by 1 second can be the difference between life and death. The intention is warning the driver when it's not safe to enter an intersection. For example, when another vehicle is coming fast, or makes a sudden turn, and the risk of collision is significantly high and likely.

The communication can be placed with the incoming vehicle and/or with cameras and traffic light in the infrastructure alert if there is a vehicle trespassing traffic limits.

We can see this example graphically on Figure 3.

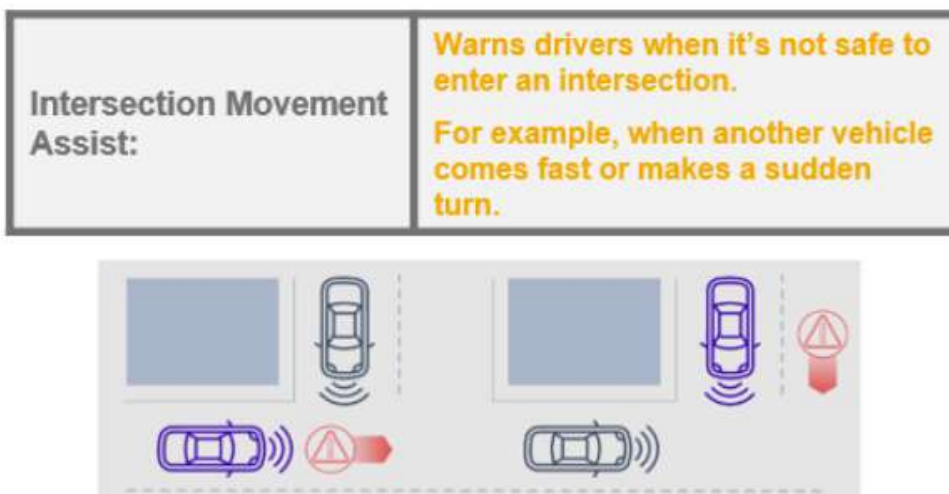


Figure 3: Intersection movement assist and its warning to drivers.

Finally, but equally importantly, **in-vehicle signage can be used to advise motorists where authorities are using Dynamic Lane Management to ease traffic flow**, which usually means changing the direction of traffic flow on certain lanes during busy times. Advanced warning of these kinds of changes in vehicle help drivers to understand current traffic flows, significantly reducing the risk of accidents.

##### 3.2.1.2. Overtake movement assist.

**Overtaking a vehicle is always a risky** and must-pay-special-attention operation when being performed. Our approach is warning very much in advance the drivers if there is a vehicle incoming in opposite direction posing imminent risk of accident or if there a slower-than-us vehicle in the same overtaking operation as we intend to carry out blocking our path.

With vehicles interconned and emitting their **GNSS position and speed**, we can calculate when and at what recommendable speed we should start the manouvre.

<p><b>Overtake Movement Assist:</b></p>	<p><b>Warns drivers that it is not safe to pass a slower vehicle when the passing lane is occupied by another vehicle.</b></p>
---	--

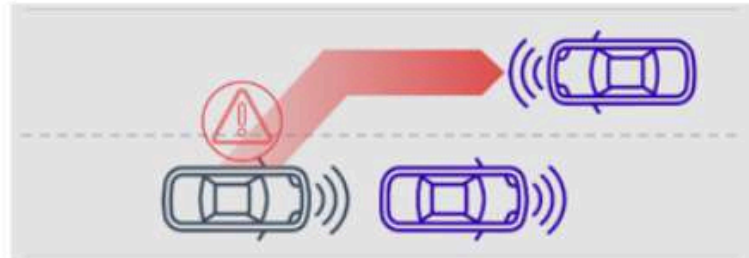


Figure 4: Overtake movement assist, informs us when and at what speed we shoud perform the manouvre.

### 3.2.1.3. Sudden brake assist.

In too many occasions, **drivers are distracted by the surrounding environments and the risk of collision to the precedent vehicle** is always there. Our proposal looks to a two-stage approach:

- Initially, we will develop the **warning alert to the driver on the instrument panel seeking drivers counter-action**

In a second stage, we will develop the **communication and parameters adaptation of the vehicle's safety elements**: brake system as a first and then steering rack and suspension.

<p><b>Sudden Breaking Assist:</b></p>	<p><b>Informs drivers on the back, in case of a sudden break on the front vehicle.</b></p>
---------------------------------------	--



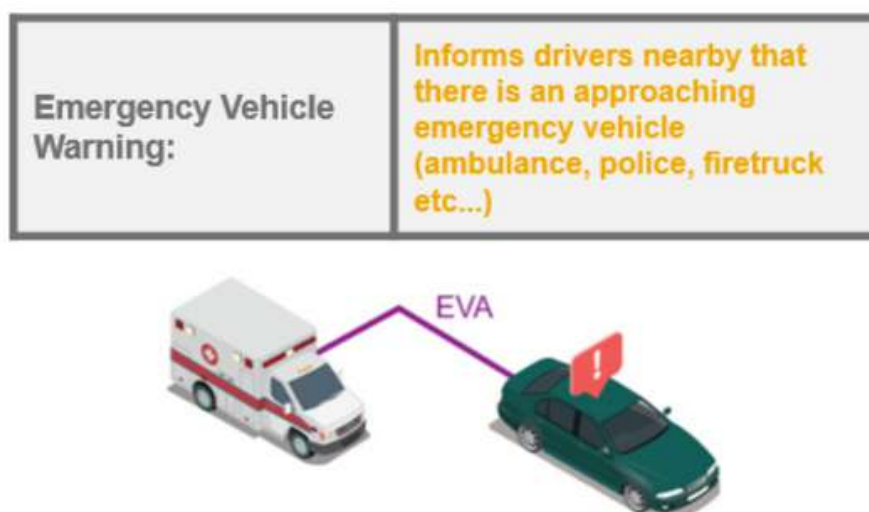
Figure 5: Sudden breaking assist looks for systems' intervention at a final stance.

### 3.2.1.4. Emergency Vehicle Warning.

**Strategic and emergency vehicles and assets are of paramount importance** in the every-day life of a Smart City. Knowing where they are, location, speed, run lanes and likely path is an invaluable information contributing to the smoothless and seamless operation of our living environment.

That is the reason why we propose direct messages communication with strategic and emergency vehicles. What is more, we enhance the encryption of some messages going to and from military and patrol police vehicles, specially if they are on special duty. **Cybersecurity** comes into the middle as a key technology to secure all the communications are protected againg enemy attacks and all permissions to access to information can be given or deny according to the user around.

The scheme can be seen in **Figure 6**.



**Figure 6:** Emergency vehicle warning makes possible the smooth running of a Smart City not blocking emergency lanes.

### 3.2.1. Vehicle to Infrastructure communications (V2I).

**Users will be given realtime information on current traffic and any incident** that might crop up, shown on their vehicles' information screens or on their cell phones. This represents further strides towards safer and smarter mobility.

The first **standardized C-ITS** applications kick-off with the simpler, so-called **Day 1** services, including use cases such as:

- In-vehicle signage (**IVS**).
- Hazardous location notifications (**HLN**).
- Road Works warning (**RWW**).
- Signalized intersections (**SI**).

For these cases, **vehicle-infrastructure messages warn drivers of slow or stationary vehicles ahead, slow traffic ahead, construction, the lane with an emergency vehicle approaching, weather conditions, traffic-light priority requests by special vehicles, or signage and speed limit information** on the vehicle's current section of road.

The next stage called **Day 1.5** services will phase in increasingly complex services providing information on:

- Off-street and On-street parking.
- Vulnerable road user protection.
- Cooperative connected navigation services.
- Intelligent guidance on all types of urban or country roads.

All these technologies will be integrated with road operators, telecommunications companies, automakers, telematic unit manufacturers, cooperative service developers, application providers and ITS integrators within the value chain of connected and autonomous vehicle deployment.

### 3.2.2.1. Traffic Light timing assist.

Information from infrastructured systems to drivers in their vehicles, help to reduce travel delays. This is particularly the case where **roadway and traffic conditions change quickly**, or where planned or unplanned traffic events occur frequently, or where authorities implement dynamic speed limits depending on the traffic load.

In such cases, **drivers can receive alerts relating to where congestion is slowing traffic and see notifications of the speed limit** where they are traveling. Drivers can also be alerted to any potential hazards on the road ahead to improve safety and reduce accident risks.

Depending on the date and hour of the day, **traffic management must vary being flexible and adaptable to actual circumstances**. Traffic lights sequence cannot be the same and if drivers know in advance the traffic logic can adapt their routes and speed accordingly. The concept is illustrated in Figure 7.



**Figure 7:** If we know previously when a traffic light is going to change its colour, traffic will be much smoother.

### 3.2.2.2. Traffic Driver speed warning.

Another key application for in-vehicle signage is **speed advice for 'green wave' driving**, particularly on **urban corridors**. The integration of signaling systems, real-time traffic perception and vehicle-to-roadway communications allow information to be sent to drivers in their vehicles, showing them the ideal speed to drive to avoid red lights and to maximize the flow of traffic in busy lanes.

As in the every-day traffic, current cities are plenty of traffic lights to regulate ever-increasing traffic and trying to avoid traffic congestion. **Knowing exactly, and in advance, when a traffic light is going to change its colour, will help us to adjust our car speed to go “always under green”** and avoiding the risk of going under red light inadvertently likey provoking collisions and lethality in the worst case... Not to mention the corresponding fine if the traffic light is fitted with surveillance cameras. Infrastructures communication can advice us about the best speed we have to keep to catch “Green lights” as much as possible. The scheme can be seen in Figure 8.

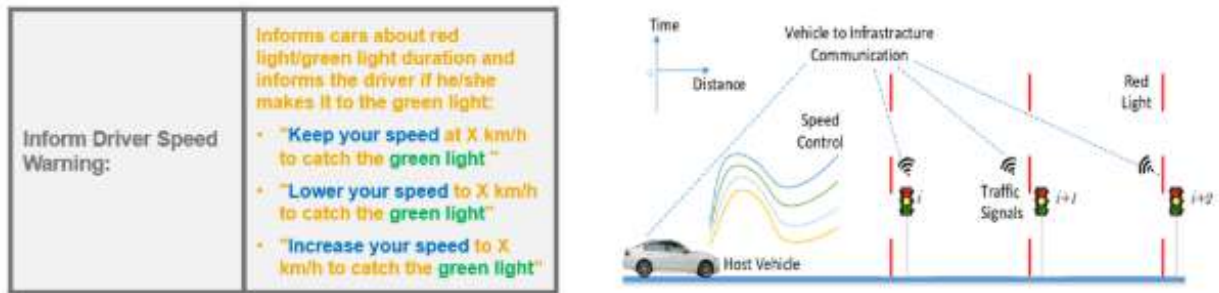


Figure 8: If we know previously when a traffic light is going to change its colour, traffic will be much smoother.

## 4. Hardware of Choice and under development

### 4.1. V2X On-Board unit. Stuff of choice.

In the same way as we are developing new applications and software, we are investing time and resourdes to come up with our V2X Communicator set.

### Vehicle-to-Everything (V2X)

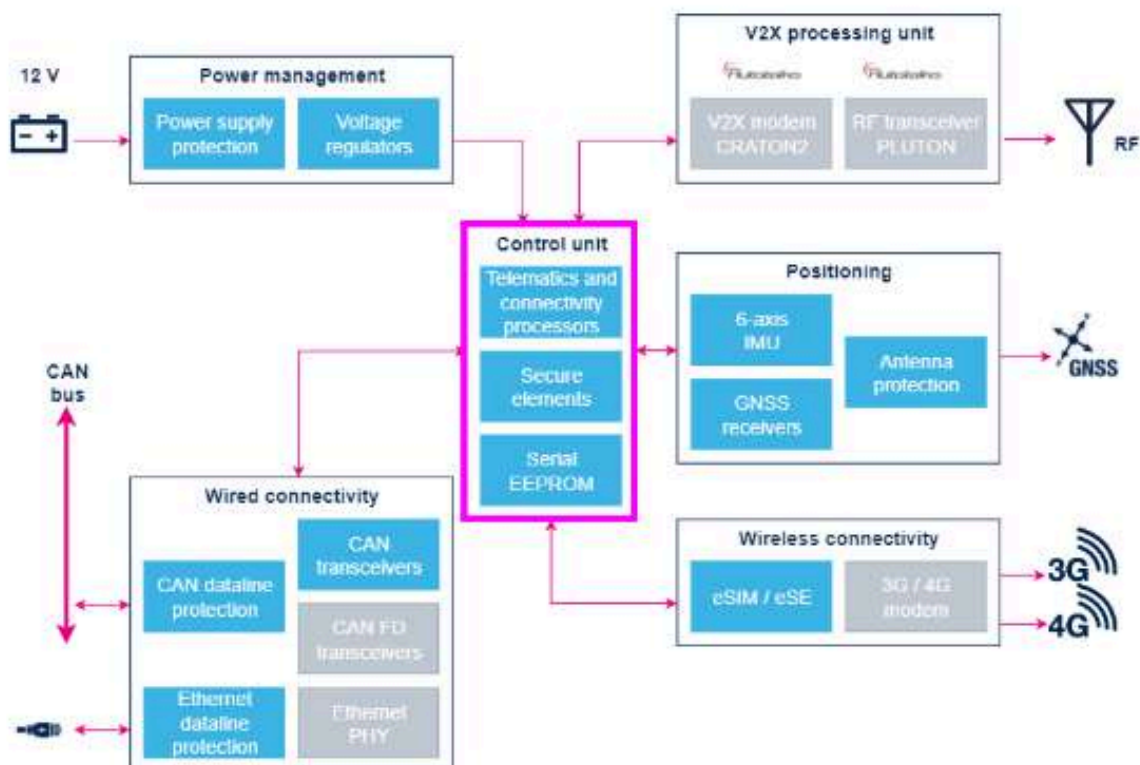


Figure 9: Inner architecture of a V2X communication set.

We have specified a specific V2X On-Board Unit. One first-built prototype is the **iWave-RainboW-G41V**. It has the following features:

- **Powered by NXP i.MX 8XLite** processor
- **Hybrid Hub:** C-V2X and DSRC Radios
- **Cellular Connectivity:** 4G LTE Cat-4/Cat-M1/NB-IoT
- **Wireless Connectivity:** Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac and BLE 5.0
- **4 CAN Ports:** CAN FD/HS CAN/LS CAN
- **High Accuracy GNSS Module & UWB Radio:** Ultra Wide Band
- **Security:** Integrated HSM and TPM
- **M.2 Expansion Connector:** 5G/Wi-Fi 6



Figure 10: General aspect of iWave-RainboW-G41V

We are in the verge of starting first tests and trials in our laboratory under a controlled environment. As we all know, **V2X technology is based on 5.9 GHz dedicated short-range communications**, a Wi-Fi derivative specifically defined for fast-moving objects and enabling the establishment of a reliable radio link, even in non-line-of-sight conditions.

Meanwhile, and as a back-up, **we rely also in a selected array of suppliers developing units** complying with our specifications and needs. In the field of V2X communications, the scope is really varied and most of Components Of The Self (**COTS**) have an approach really ample and some features are redundant and other ones are missing.

The following example, from a renowned Spanish supplier, fits also the job pretty well. **Originally designed for Remote Driving application**, we feel **it can be used properly also for communications** between vehicles, to infrastructure assets and to aerial platforms in the fashion of Unmanned Aerial Vehicles (**UAVs**, also known as **Drones**).

#### 4.2. ECU research.

We are developing interesting works on an ECU called **RTC**U for short (Radio Telematics Control Unit). This ECU is the main gateway of the car for the outside world since it includes following:

- **Cellular** communication.
- **Tuner.**
- **Remote car access to control basic functions** of the car remotely via a portable device, such a Handy. Open-closing doors and boot liftgates and even starting the engine.
- **OTA (Over the Air updating).**
- **xCall** and relevant stuff (emergency call etc...)
- **Positioning with GNSS** having also dead reckoning.
- **WiFi services;** connectivity to internet to download useful information.
- And last but not least, **V2X communication protocol to everything.**

In addition to those, this ECU supports **CANFD** and **Automotive Ethernet**. Depending on the variant, it has up to 4 CAN Channels and either 100 or 1000Mbit automotive ethernet support.

There are basically **three standards regarding V2X**:

- SAE for Americas.
- ETSI for Europe.
- CSAE for Chinese market.

RTCU will support all of them as part of different variants.

**Our first approach is working on Day 1 use cases**, which means ECU sends a message to the HMI to the instrument panel. **Next stage (Day 2)** is giving input to the ADAS System (mid to long term development). According to our research, EU requires backwards compatibility. Therefore EU systems should include DSRC as well as C-V2X. This is not required for Americas and China. In this sense, some firms like AutoTalks has in catalog devices such as **CRATON 2 evk** which is a global V2X communication processor. It supports both, DSRC and C-V2X. (<https://auto-talks.com/products/craton2/>)

**TEKTON 3** keep our eyes wide-open as able to support Day 2 cases and compatible with braking assist. (<https://auto-talks.com/products/tektion3/>)

Same can be said on **SECTON 3**, for brake assistance as well. It copes also with **ISO 26262 Asil B**. Both, TEKTON 3 and SECTON 3 are from AutoTalks supplier (<https://auto-talks.com/products/secton3/>)

## 5. Main benefits of V2X communications... and (not final) conclusion

V2X is **primarily used to improve safety and reduce collisions** but can also be employed for other tasks, including **toll collection, traffic flow management and emergency services**. Its main advantages are:

- **Improved safety.** V2X enables vehicles to communicate with each other and the infrastructure around them, providing real-time information about other vehicles and potential hazards. This can help drivers avoid accidents and reduce fatalities and injuries on the road.
- **Increased efficiency.** V2X can reduce traffic congestion and improve traffic flow, leading to more efficient road network use, reduced fuel consumption and lower emissions.
- **Enhanced mobility.** V2X can help drivers reach their destination more quickly, safely and cost-effectively.
- **Improved transportation system management.** V2X enables real-time data sharing among vehicles and infrastructure, which can help transportation agencies better manage the road network and respond to incidents more quickly.
- **Better accessibility.** V2X can enhance accessibility for drivers with disabilities or other mobility challenges.
- **Reduced emissions.** Traffic flow management strategies like communication with traffic signals can reduce idling and other contributors to automotive-related emissions.
- **Safer micro-mobility.** By enabling communication with electric scooters, bicycles and other personal transportation equipment and road users, V2X can make road conditions safer for micro-mobility. The technology addresses the main contributor to micro-mobility accidents: "failure to see." Even when other vehicles or infrastructure elements obscure a driver's view of vulnerable road users, V2X can alert the driver to their presence.

Here, at **CT Engineering Group** we continue developing our V2X technology and integrating it to different Systems to the benefit of, not only the most relevant OEMs in Europe, but **also for citizens and all players conforming a current Smart City today....** keeping an eye for **Cyber-Security and Encryption of communication** (key messages and data), but that's another story for another day!

# CUMPLIMIENTO DE LA CERTIFICACIÓN DO-254 CON DISEÑO BASADO EN MODELOS



Whitepaper  
MATHWORKS

Los ingenieros pueden utilizar el Diseño Basado en Modelos para el análisis de requisitos, diseño de algoritmos, generación automática de código HDL y verificación, con el fin de producir hardware electrónico aeronáutico que cumpla con la norma DO-254. El enfoque de Diseño Basado en Modelos propuesto para DO-254 combina herramientas de MathWorks® y Siemens® EDA tanto para el diseño como para la verificación. Este flujo de trabajo apoya las fases de desarrollo desde el concepto hasta la implementación, agilizando el desarrollo y reduciendo costes.

Simulink® de MathWorks es el punto de partida para facilitar el Diseño Basado en Modelos dentro de este proceso. Simulink permite a los ingenieros gestionar requisitos y conjuntos de pruebas, desarrollar modelos arquitectónicos y de comportamiento, y realizar verificación formal, conformidad con los estándares de modelado, así como generación y verificación de código para VHDL® y Verilog®.

Este enfoque ofrece dos beneficios principales:

- Los equipos de desarrollo identifican errores más temprano en el proceso de diseño, lo que permite corregirlos con menos impacto en los plazos y costes del producto, en lugar de encontrarlos durante la implementación y las pruebas.
- Los equipos de desarrollo pueden reutilizar diseños, pruebas y análisis a lo largo del proceso de desarrollo y compartirlos entre los miembros del equipo.

El Diseño Basado en Modelos promueve una visión del proyecto orientada a los requisitos y una mayor integración y reutilización entre el diseño conceptual, el diseño detallado y la implementación. En este artículo, analizamos el flujo de trabajo para el Diseño Basado en Modelos, explicamos los tipos de actividades que se realizan en cada entorno y destacamos cómo se pueden combinar las herramientas para maximizar la reutilización y la eficiencia.

## Visión General de DO-254 Cumplimiento y Ciclo de Vida de DO-254

La Figura 1 muestra el ciclo de vida de DO-254 y enumera los procesos que deben realizarse y documentarse a medida que un diseño avanza de una fase a otra. Nos centraremos en los siguientes procesos:

- Captura de Requisitos: creación, gestión y trazabilidad
- Diseño Conceptual como modelos de Simulink
- Diseño Detallado como código HDL
- Conformidad con los estándares de diseño a nivel de modelo
- Validación y Verificación

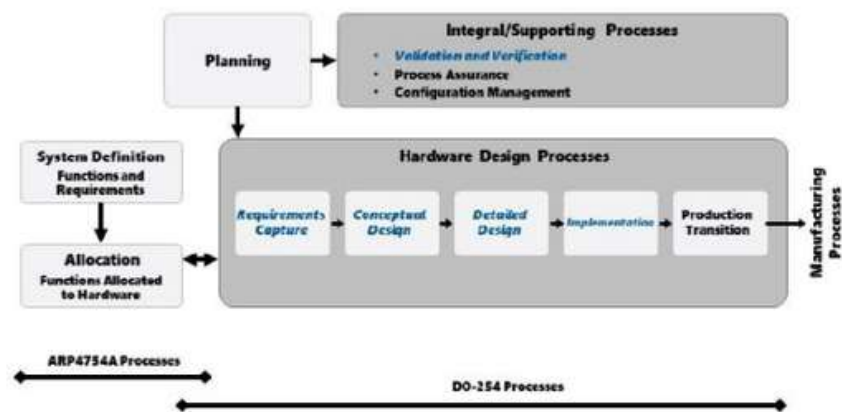


Figure 1 DO-254 compliance lifecycle and associated processes (Note: Blue italics indicate process phases covered in this paper.)

## Visión General de un Flujo de Trabajo DO-254 Usando Técnicas de Diseño Basado en Modelos

En este flujo de trabajo, los ingenieros utilizan Siemens EDA Polarion para recopilar y gestionar requisitos, que se exportan a [Requirements Toolbox™](#) de MathWorks. A partir de estos requisitos, se crea un modelo ejecutable en Simulink para permitir la exploración del diseño conceptual. Este modelo conceptual se vincula a los requisitos en diferentes niveles en Polarion™ y Requirements Toolbox.

Utilizando herramientas de verificación y validación de MathWorks, los ingenieros realizan pruebas funcionales y análisis formal a nivel del modelo conceptual. En Simulink, los ingenieros desarrollan el modelo añadiendo atributos de implementación como efectos de transmisión de datos y punto fijo. Este modelo desarrollado permite a los ingenieros verificar que el diseño cumple con los requisitos, determinar el nivel de cobertura y comprobar la conformidad con los estándares de modelado, convirtiéndose en el modelo para la implementación en HDL. Un diseño detallado en HDL también se genera a partir del modelo de Simulink verificado usando [HDL Coder™](#). Los componentes del banco de pruebas en SystemVerilog se generan utilizando [HDL Verifier™](#).

La verificación adicional del diseño detallado en HDL se realiza en combinación con las herramientas de verificación de Siemens EDA. Utilizando la cosimulación HDL con HDL Verifier, se emplea un banco de pruebas de Simulink con un diseño en prueba (DUT) simulado en el simulador Questa™ para verificar que el DUT implementa correctamente el modelo.

La verificación adicional del diseño detallado en HDL se realiza en combinación con las herramientas de verificación de Siemens EDA. Utilizando la cosimulación HDL con HDL Verifier, se emplea un banco de pruebas de Simulink con un diseño en prueba (DUT) simulado en el simulador Questa™ para verificar que el DUT implementa correctamente el modelo. Los vectores de prueba creados a nivel del modelo conceptual con Simulink Test™ se aplican al banco de pruebas de Simulink durante la cosimulación. La cobertura del código HDL se mide en Questa para determinar la eficacia de los vectores de prueba y se compara con las métricas de cobertura recogidas a nivel de modelo. A continuación, todo el banco de pruebas de Simulink se exporta al entorno de verificación de Siemens generando componentes SystemVerilog DPI-C que representan el estímulo, el modelo de referencia y el verificador. HDL Verifier también genera componentes de verificación SystemVerilog individuales o entornos de verificación UVM completos.

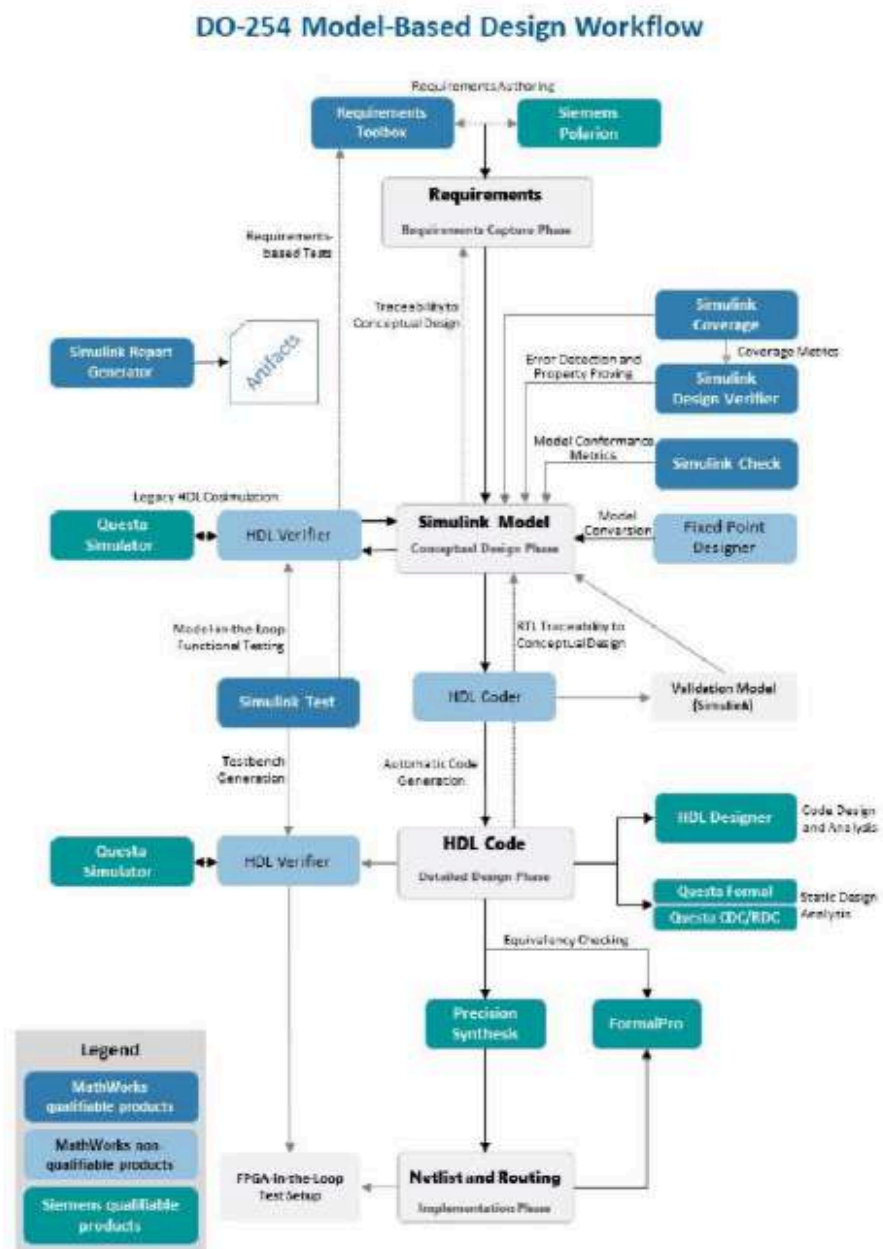


Figure 2. Flujo de trabajo DO-254 con Diseño Basado en Modelos.

Los productos de Siemens EDA apoyan el desarrollo adicional de HDL, verificación de código, cierre de cobertura, visualización de código y revisión. Questa Formal realiza análisis de diseño estático y análisis automatizado de cobertura, mientras que Siemens FormalPro™ realiza equivalencia lógica para la verificación de modelos. Questa CDC y RDC realizan comprobaciones de cruce de dominios de reloj y reinicio para escenarios de metastabilidad e inestabilidad, y Questa Lint complementa el análisis de cruce de dominios con un conjunto de reglas lint para DO-254. La síntesis de FPGA y la integración con las herramientas de colocación y ruteo del proveedor de FPGA se llevan a cabo utilizando Precision™ RTL. Las herramientas y el flujo descritos anteriormente se muestran en la Figura 2.

### **Captura de Requisitos**

Las empresas que sirven al mercado aeroespacial utilizan herramientas de gestión de requisitos a nivel empresarial, como Siemens Polarion ALM™. Las tareas de diseño y verificación se vinculan a estos requisitos mediante la trazabilidad de requisitos. Un flujo de diseño impulsado por requisitos requiere ingresar los requisitos, rastrear los cambios en los requisitos y vincularlos a los artefactos de diseño y verificación.

La [integración de Polarion y Requirements Toolbox](#) establece la trazabilidad entre los elementos de diseño y los artefactos de verificación a nivel de modelo y código. También valida los requisitos facilitando las revisiones de requisitos, ofreciendo información de cobertura, guiando las actividades de verificación basadas en el estado de los requisitos y proporcionando artefactos de certificación. Polarion y Requirements Toolbox se integran con HDL Coder de MathWorks, así como con las herramientas de Siemens para el desarrollo, verificación y síntesis de HDL, y son lo suficientemente flexibles para adaptarse a otras herramientas utilizadas en los procesos de desarrollo DO-254. Los diseñadores vinculan la información de requisitos a bloques específicos, subsistemas y modelos completos. Esta información se transfiere automáticamente al código HDL generado por HDL Coder (ver la sección "Diseño Detallado" a continuación).

Además del soporte de trazabilidad y validación, estas herramientas de requisitos ayudan a la gestión de proyectos creando una representación visual del estado del proyecto y generando matrices de trazabilidad necesarias para cumplir con los objetivos de DO-254.

### **Diseño Conceptual**

Una vez que los requisitos están firmemente establecidos, el siguiente paso para un ingeniero de diseño es desarrollar un diseño conceptual que cumpla con los requisitos capturados en la fase anterior. Esta sección discute cómo se utilizan Simulink y otras herramientas de modelado de MathWorks para desarrollar y verificar el diseño conceptual.

## Diseño del Modelo Conceptual

Simulink se utiliza ampliamente para diseñar, implementar y verificar sistemas aeroespaciales. Usando Simulink, los ingenieros de diseño construyen modelos algorítmicos de manera gráfica, creando diseños ejecutables vinculados a los requisitos capturados.

La Figura 3 muestra un sistema de control de aeronaves desarrollado en Simulink utilizando Diseño Basado en Modelos. [Stateflow®](#), producto complementario de Simulink, se utilizó para modelar el cambio entre los modos de operación del sistema de control. El algoritmo del sistema de control se integró luego en un modelo de sistema de nivel superior de Simulink. Otro producto complementario de Simulink, [System Composer™](#), se utilizó para especificar arquitecturas de software y hardware, realizar análisis y asignar requisitos. El modelo de simulación completo a nivel de sistema de la aeronave incorpora el algoritmo de lógica de modos, un modelo de fuselaje con seis grados de libertad con efectos ambientales, así como modelos para sensores y actuadores.

Tener un modelo a nivel de sistema permite a los ingenieros probar sus diseños más temprano en el proceso y evaluar rápidamente escenarios hipotéticos. En este ejemplo, el modelo a nivel de sistema permite a un ingeniero probar las leyes de control bajo condiciones variables, someterlo a fallos de sensores o inyectar una variedad de entradas del piloto.

Luego podemos elaborar el modelo para especificar la arquitectura e incorporar efectos de implementación. Simulink permite que estos efectos se simulen y se comparen con un diseño de referencia mediante pruebas back-to-back.

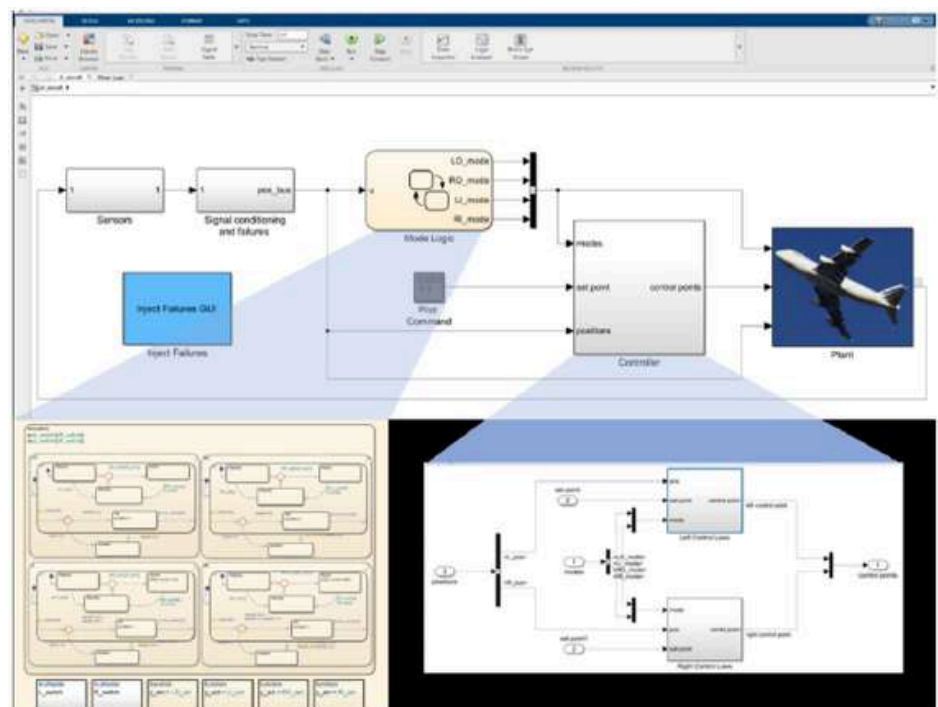


Figura 3. Modelo de control de aeronaves incluyendo [Simulink](#) y [Stateflow](#).

## Trazabilidad en el Modelo Conceptual

En el Diseño Basado en Modelos, todos los elementos del diseño conceptual deben ser trazables a los requisitos. MathWorks y Siemens proporcionan soporte de trazabilidad a través de RequirSements Toolbox y Polarion. Esta trazabilidad se preserva en el HDL generado en forma de comentarios que enlazan con la fuente de Simulink y se extiende a lo largo del análisis y pruebas de HDL.

## Verificación del Modelo Conceptual

El diseño conceptual puede ser analizado para verificar si cumple con los requisitos mediante estas técnicas:

- [MATLAB®](#) se puede utilizar para ejecutar scripts, realizar barridos de parámetros y realizar análisis sobre los resultados de las simulaciones.
- Simulink Test se utiliza para crear y ejecutar pruebas del modelo de Simulink. Las pruebas se diseñan para demostrar que se están satisfaciendo requisitos funcionales específicos.
- [Simulink Report Generator™](#) se utiliza junto con Simulink Test para generar artefactos y [Simulink Coverage™](#) para generar informes de cobertura de pruebas y requisitos. Estos artefactos pueden ser utilizados como evidencia para la certificación.

Las pruebas generadas se reutilizan más adelante en el proceso de diseño. La simulación ayuda a validar que se satisfacen los requisitos al permitir que un diseño se ejecute en una variedad de condiciones. Para asegurar una cobertura completa de pruebas funcionales, se utiliza el análisis formal junto con la simulación para generar casos de prueba y realizar pruebas de propiedades. Estas técnicas emplean procedimientos matemáticamente rigurosos para buscar a través de todos los posibles caminos de ejecución del modelo, con el fin de encontrar casos de prueba y contraejemplos.

Este análisis sistemático proporciona una comprensión más profunda del comportamiento de los diseños. Por ejemplo, consideremos el algoritmo discutido anteriormente. Típicamente, este tipo de lógica en software o hardware involucra entradas de sensores como la velocidad del aire, la aceleración y la entrada del piloto. Usando la demostración formal de propiedades, un ingeniero puede utilizar métodos formales para verificar un cierto comportamiento del sistema; por ejemplo, "Demuestra que esta lógica nunca se activará si la velocidad del aire y la aceleración están dentro de ciertos rangos". [Simulink Design Verifier™](#) permite a un desarrollador definir estas propiedades críticas para la misión y demostrar que ciertos escenarios no pueden ocurrir bajo ninguna condición a nivel de modelo.

A lo largo de las pruebas, la cobertura del modelo es una métrica para evaluar qué tan completamente las pruebas están ejercitando un modelo. Simulink Coverage puede rastrear e informar sobre la cobertura del modelo. Aunque las pruebas funcionales se utilizan para asegurar que se cumplan los requisitos de diseño, a menudo no ejercitan el 100% del diseño. Simulink Design Verifier™ utiliza métodos formales para generar casos de prueba que complementan las pruebas funcionales y aseguran una cobertura del 100% (usando métodos de cobertura de condición/decisión modificada) a nivel de modelo.

o largo de las pruebas, la cobertura del modelo es una métrica para evaluar qué tan completamente las pruebas están ejercitando un modelo. Simulink Coverage puede rastrear e informar sobre la cobertura del modelo. Aunque las pruebas funcionales se utilizan para asegurar que se cumplan los requisitos de diseño, a menudo no ejercitan el 100% del diseño. Simulink Design Verifier™ utiliza métodos formales para generar casos de prueba que complementan las pruebas funcionales y aseguran una cobertura del 100% (usando métodos de cobertura de condición/decisión modificada) a nivel de modelo.

Si los casos de prueba no logran una cobertura del 100%, eso indica que se necesitan requisitos adicionales, que algunos elementos del diseño son redundantes o que un diseño es inherentemente difícil de probar. Se pueden lograr ahorros significativos al corregir estos errores en la fase de diseño conceptual. Las pruebas también deben ejercitarse en HDL y en etapas posteriores del diseño, pero los casos de prueba generados en el modelo conceptual pueden reutilizarse en las pruebas de HDL.

### **Conformidad con los Estándares de Diseño del Modelo Conceptual**

El desarrollo y la adherencia a los estándares de diseño y codificación son requeridos por DO-254. Se pueden desarrollar y aplicar estándares de diseño conceptual al modelo de Simulink. Los estándares de modelado son equivalentes a los estándares de codificación y pueden dictar aspectos funcionales del modelo. El Model Advisor dentro de Simulink ejecuta conjuntos de verificaciones de modelo preempaquetados, y [Simulink Check™](#) permite la personalización y el despliegue de estas verificaciones dentro de una organización. Simulink Check incluye un conjunto de [reglas DO-254](#) para la aplicación de la adherencia al estilo.

Estas verificaciones estáticas cubren áreas como configuraciones, tipos de datos, configuraciones del generador de código y configuraciones de HDL. Este proceso puede detectar errores simples, como una conexión faltante para una entrada o salida de bloque, pero también puede detectar problemas más complejos, como configuraciones de bloque que pueden resultar en un desbordamiento en una operación de punto fijo.

### **Diseño Detallado**

El proceso de diseño detallado comienza en la etapa de desarrollo HDL (o RTL). Este desarrollo puede ser escrito a mano o generado automáticamente con HDL Coder. La generación automática de RTL puede aumentar la eficiencia al reducir la codificación manual y permitir iteraciones de diseño más rápidas; sin embargo, las actividades de verificación discutidas aquí pueden utilizarse tanto si se realiza codificación manual como si se genera RTL.

El código HDL generado se lee en HDL Designer™ de Siemens para su evaluación independiente e integración con HDL existente o HDL creado por otros medios. Dentro de HDL Designer, es examinado mediante revisiones de código, verificado automáticamente contra estándares de codificación HDL y visualizado para facilitar su comprensión. HDL Coder también genera scripts para que HDL Designer realice análisis de linting en el código HDL generado.

## Trazabilidad en el Diseño Detallado

También se debe demostrar la conformidad del diseño detallado con los estándares de codificación HDL. HDL Coder ofrece diversas formas de personalizar el código generado para cumplir con los requisitos del proceso. HDL Designer tiene un motor integrado de verificación de reglas de diseño que incluye un conjunto de reglas DO-254 (según lo especificado en la Orden 8110-105) y automatiza las verificaciones de código.

## Revisión del Código

- El código HDL debe ser examinado para asegurar que cumple con los estándares de codificación HDL y que implementa correctamente la funcionalidad requerida. El motor de verificación de reglas de HDL Designer asegura la conformidad con los estándares HDL. HDL Coder y HDL Designer ayudan a revisar el código HDL para asegurar que implemente la funcionalidad requerida:
- El informe de [Generación de Código de HDL Coder](#) facilita la navegación bidireccional entre el código HDL, el modelo conceptual de Simulink y los requisitos. El modelo conceptual gráfico, junto con el código HDL generado, ayuda a los revisores a entender y analizar los diseños. También se genera un informe de trazabilidad para ayudar en este proceso de revisión.
- HDL Designer ayuda a facilitar las revisiones de código al proporcionar características para visualizar el código HDL. Estas visualizaciones, junto con los resultados de la verificación de reglas, el examen de los enlaces de requisitos y la verificación funcional, proporcionan una evaluación independiente del resultado del código generado.

## Verificación del Modelo HDL

La verificación a nivel de diseño detallado es necesaria tanto para el código escrito a mano como para el código generado. Al igual que con el modelo conceptual, se emplean técnicas de verificación basadas en simulación y verificación formal. La verificación del diseño detallado en comparación con el diseño conceptual se realiza utilizando HDL Verifier™, ya sea mediante cosimulación de Simulink con Questa o generación de componentes SystemVerilog DPI-C o entornos UVM para su uso con Questa.

Questa simula diseños HDL con énfasis en la depuración. También proporciona análisis de cobertura de código incorporado en apoyo del método de análisis elemental DO-254 para diseños de nivel A/B. Questa admite una gama de capacidades avanzadas de verificación:

- Soporte para SystemVerilog, System C y PSL
- Modelado a nivel de transacción
- Pruebas aleatorias restringidas
- Técnicas de programación orientada a objetos (OOP) para la creación de bancos de pruebas
- Estímulo de prueba automatizado
- Verificación dinámica basada en afirmaciones, incluyendo un depurador de afirmaciones

- Una base de datos unificada de cobertura (UCDB) que ha sido aceptada como un estándar Accellera
- Un entorno de gestión de verificación para facilitar la gestión e informes de actividades de verificación de proyectos

Questa también tiene una integración profunda con Polarion para la trazabilidad bidireccional desde los artefactos de verificación almacenados en UCDB hasta los requisitos. Estos métodos de verificación avanzados ayudan a verificar dispositivos de gran complejidad que contienen comportamientos concurrentes, haciendo que Questa sea adecuado para ASICs y grandes FPGAs.

### **Reutilización de Casos de Prueba del Diseño Conceptual**

Simulink es el motor de simulación durante la fase de diseño conceptual, mientras que Questa es el motor de simulación para la fase de diseño detallado. Los dos simuladores están vinculados a través de la cosimulación HDL y la generación de bancos de pruebas HDL.

HDL Verifier de MathWorks permite que las pruebas creadas en los entornos MATLAB, Simulink y Simulink Test se ejecuten contra el código HDL simulado en Questa. La cosimulación HDL permite a los ingenieros reutilizar los casos de prueba de Simulink y las rutinas de análisis desarrolladas durante el diseño conceptual para asegurar que el modelo de especificación y el HDL sean funcionalmente equivalentes.

El modelo de control de aeronaves discutido anteriormente fue diseñado y simulado en Simulink como parte de un modelo de aeronave a nivel de sistema más grande. A partir de este modelo conceptual de Simulink, se generó un diseño detallado del algoritmo en HDL utilizando HDL Coder. HDL Verifier permite al diseñador ejecutar el modelo a nivel de sistema y las pruebas del diseño conceptual contra el HDL generado que se ejecuta en Questa, donde se puede realizar un análisis de cobertura de código HDL.

HDL Verifier también incluye la capacidad de exportar bancos de pruebas de Simulink como componentes SystemVerilog DPI-C; los entornos UVM también se pueden generar a partir de modelos de Simulink. Exportar componentes de verificación de esta manera permite la reutilización de componentes de bancos de pruebas de Simulink cuando los ingenieros de hardware no tienen acceso a Simulink. Tanto la cosimulación como la exportación de bancos de pruebas promueven la reutilización de casos de prueba y permiten a los ingenieros probar rápidamente el diseño HDL, reduciendo el tiempo de iteración del diseño. También permiten a los ingenieros utilizar las capacidades de análisis tanto de Simulink como de Questa.

### **Análisis Avanzado en el Diseño Detallado**

La reutilización lograda a través de la cosimulación HDL y la generación de bancos de pruebas es adecuada para pruebas funcionales. Siemens EDA proporciona estos análisis adicionales.

Análisis de Cruce de Dominios de Reloj: Los ASICs actuales suelen consistir en múltiples dominios de reloj y reinicio asincrónicos. Los diseñadores deben implementar hardware dedicado para mover correctamente los datos de un dominio a otro para evitar la metastabilidad y los fallos.

Los problemas de cruce de dominios de reloj son extremadamente difíciles y costosos de depurar y corregir porque pueden no detectarse hasta que ocurre una falla en el hardware. Questa CDC y Questa RDC ofrecen capacidades avanzadas de análisis estructural y formal en múltiples puntos a lo largo del ciclo de vida del diseño para asegurar el cruce correcto de dominios de reloj y reinicio. Usar Questa CDC/RDC en diseños con dos o más dominios de reloj o reinicio asincrónicos ayuda a reducir la probabilidad de metastabilidad.

Verificación Formal (Comprobación de Modelos HDL): Probar propiedades críticas de seguridad puede hacerse en HDL al igual que en modelos. La verificación de modelos – con HDL como el "modelo" – prueba exhaustivamente que un diseño realiza su función prevista [esto se menciona en el Apéndice B de DO-254 como un método aceptable de verificación avanzada para dispositivos de nivel A/B]. Questa Formal Autocheck identifica escenarios como bucles combinatorios, bloqueos de FSM, desbordamientos aritméticos, y más. Questa Formal Covercheck complementa Autocheck y aborda las lagunas de cobertura de código.

Reglas de Codificación HDL: DO-254, complementado por la Orden 8110.105A de la FAA, estipula que los estándares de codificación HDL deben aplicarse para diseños DAL A/B y se considera una mejor práctica para todos los diseños. Siemens EDA, en colaboración con grupos de usuarios DO-254 de Estados Unidos y Europa, define un conjunto de estándares de codificación como base para evaluar la calidad del diseño HDL. Este conjunto de reglas está disponible dentro de Questa Lint, la solución de Lint de próxima generación de Siemens EDA.

### Síntesis del HDL

La síntesis lógica – la transformación de código RTL en una lista de conexiones basada en tecnología – es central en el diseño de PLD, FPGA y ASIC. Mientras que las herramientas de síntesis generalmente se centran en el tiempo, el área de diseño, el consumo de energía y el tiempo de ejecución de la herramienta, las aplicaciones militares y aeroespaciales requieren que las herramientas de síntesis consideren aspectos adicionales.

Precision RTL de Siemens EDA es un producto de síntesis independiente del proveedor de FPGA que equilibra aspectos de síntesis segura con objetivos convencionales, asegurando que los circuitos destinados a funcionar correctamente, como circuitos de reinicio especializados y codificación especial de máquinas de estado, se conserven durante la síntesis. También apoya el principio de repetibilidad de DO-254, proporcionando un medio para generar una lista de conexiones determinista y repetible dado un entorno y condiciones consistentes. Finalmente, Precision RTL está integrado con la herramienta de verificación de equivalencia lógica FormalPro™ para el análisis de la lista de conexiones generada.

Precision RTL es un software integrado del proveedor de FPGA que realiza la colocación y el enrutamiento de la lista de conexiones en el dispositivo físico y puede lanzar directamente estas herramientas desde el entorno de Precision RTL.

## Verificación de la Lista de Conexiones

La verificación es necesaria en cada fase del ciclo de vida DO-254 para asegurar que el diseño cumple con los requisitos y coincide con la versión anterior. Esta garantía de diseño es primordial, especialmente para diseños DO-254 de Nivel A/B. El Apéndice B de DO-254 establece: "A medida que aumenta el nivel de garantía del diseño, el enfoque necesario para verificar que un diseño dado cumple con sus requisitos de seguridad puede necesitar combinaciones superpuestas y combinaciones en capas de métodos de garantía de diseño". Hay varias formas de realizar esta verificación en el diseño a nivel de puertas después de la síntesis.

- **Análisis de Tiempo Estático:** *Precision RTL realiza un análisis de tiempo estático interno como parte del proceso de síntesis. El análisis es una estimación ya que precede a la colocación física real de la lista de conexiones. Durante el proceso de colocación y enrutamiento, las herramientas de los proveedores de FPGA como AMD-Xilinx® Vivado®, Intel® Quartus® o Microchip Libero® realizan el análisis de tiempo final una vez que se completa la colocación física. Las herramientas de implementación de ASIC también tienen análisis de tiempo estático integrados, pero el análisis de aprobación generalmente se realiza utilizando herramientas independientes.*
- **Simulación a Nivel de Puerta (GLS) con Tiempo:** *Esta admite la verificación de la lista de conexiones a nivel de puerta. La verificación puede realizarse a la salida de la síntesis con estimaciones de tiempo o al incluir la información de tiempo final anotada desde el procedimiento de colocación y enrutamiento. En cualquier caso, el entorno de banco de pruebas HDL utilizado durante la simulación HDL se utiliza para realizar simulaciones a nivel de puerta. Comparar y contrastar modelos de diseño HDL y GLS proporciona un medio de evaluación independiente. HDL Verifier también admite la cosimulación en este nivel de diseño.*
- **Comprobación de Equivalencia Lógica:** *Repetir la verificación funcional a nivel de puerta se acepta generalmente como el medio para validar los resultados de la síntesis y verificar los resultados de la simulación HDL. Esta repetición puede ser increíblemente lenta para diseños grandes y complejos, por lo que un enfoque más rápido para verificar los resultados de la síntesis es la comprobación formal de equivalencia lógica. Siemens FormalPro compara implementaciones HDL para determinar si son funcionalmente equivalentes. Esta comparación se realiza típicamente en la entrada y salida de un proceso.*

*Por ejemplo, FormalPro compara el RTL utilizado para la síntesis con la lista de conexiones generada para determinar si son funcionalmente equivalentes. Este mismo proceso se utiliza para comparar la entrada a la colocación y enrutamiento (es decir, la lista de conexiones sintetizada) con la salida de la colocación y enrutamiento. El uso de estos métodos formales permite una verificación más rápida que la simulación a nivel de puerta.*

Pruebas FPGA-en-el-Bucle: Las pruebas FPGA-en-el-bucle son una técnica para verificar que una lista de conexiones programada en un dispositivo FPGA real se ajusta al modelo de diseño conceptual en Simulink. HDL Verifier automatiza el proceso de conectar un banco de pruebas que se ejecuta en una sesión de Simulink en un ordenador anfitrión a un DUT que ha sido programado en una placa de desarrollo FPGA, con comunicación entre el anfitrión y la placa a través de PCI-Express, Ethernet o JTAG. Cuando se utiliza con HDL Coder, todo este proceso de síntesis, colocación y enrutamiento, programación y configuración de la comunicación anfitrión/placa se automatiza. FPGA-en-el-bucle está disponible para placas con FPGAs de AMD-Xilinx, Intel y Microchip Technology.

### **Implementación y Transición a Producción:**

El flujo de trabajo DO-254 utilizando Diseño Basado en Modelos que se discutió en este documento se ha centrado en la captura de requisitos, el diseño conceptual y las fases de diseño detallado del desarrollo. El cumplimiento de DO-254 implica un alcance más amplio de actividades, incluida la implementación, como la programación del dispositivo FPGA, y la transición a producción (entrega de los datos y artefactos necesarios para producir un elemento de hardware final idéntico y repetible). Los artefactos de diseño y verificación descritos anteriormente se reutilizan en estas fases. Una discusión detallada de estas fases está más allá del alcance de este documento.

### **Resumen y Conclusión**

El uso creciente de DO-254 está impulsando a las empresas a evaluar cómo pueden ser más eficientes en sus procesos de desarrollo mientras logran el cumplimiento de DO-254. El uso de productos de MathWorks y Siemens EDA en diseño, prueba, implementación y verificación puede abordar estas necesidades para empresas que desarrollan electrónica aeronáutica compleja. Un flujo de trabajo DO-254 utilizando Diseño Basado en Modelos promueve una vista de proyecto consistente orientada a los requisitos y aumenta la reutilización de los esfuerzos de diseño y verificación a lo largo de todas las fases del ciclo de vida DO-254.

### **Más información:**

- [Diseño Basado en Modelos para DO-254](#) (Visión General)
- [FPGA, ASIC y Desarrollo de SoC](#) (Visión General)
- [Verificación de Algoritmos en FPGAs y ASICs](#) (Ebook)
- [Cómo usar Diseño Basado en Modelos para cumplimiento de DO-254](#) (Vídeo)

# CLASSICAL APPROACHES TO STRUCTURING CONCEPT OF OPERATIONS (CONOPS) DOCUMENTS IN SYSTEMS ENGINEERING



Sergio Alvaré Peláez

Consultor en Defensa y Espacio | Interés en Guerra Electrónica, GNSS, Ingeniería de Sistemas y Adquisición de Sistemas de Defensa.

[sergioalvarepelaez@proton.me](mailto:sergioalvarepelaez@proton.me)

## Abstract

The **Concept of Operations (ConOps) document** plays a pivotal role in the systems engineering process by aligning stakeholders' objectives with system design and operational requirements.

ConOps serves as a bridge between operational needs and technical specifications, ensuring a shared understanding of how the system will be used.

This article examines ConOps by exploring key **standards** such as **IEEE Std 1362-1998 (R2007)**, **ANSI/AIAA G-043B-2018**, **ISO 29148**, and the **guidelines from the U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA)**.

It also provides an analysis of real-world applications of these standards, in projects like NISAR and LSST, declaring a distinction between ConOps and OpsCon (Operational Concept) and the importance of using UML and SysML in the development process.

Additionally, the document discusses how to maintain ConOps as a living document throughout the system's lifecycle.

**Keywords**— Concept of Operations, ConOps, Operational Concept, OpsCon, IEEE 1362-1998, ANSI/AIAA G-043B-2018, NASA Appendix S, FHWA, UML, SysML, Systems Engineering, Lifecycle Support, NISAR, LSST.

## Introduction

This article is inspired by the work of Ph.D. Rafael Ferreira da Silva [8].

The Concept of Operations (ConOps) document is a crucial document that outlines how a system will function from the users' perspective, ensuring that operational goals and stakeholder expectations are clearly communicated to developers and system architects.

ConOps provides a high-level, non-technical description of a system's intended use and bridges the gap between operational needs and technical requirements. This document is essential for guiding complex systems development, particularly in industries like aerospace, transportation, defense, and software engineering, where operational reliability and stakeholder alignment are paramount.

The development of ConOps documents is guided by several standards and templates, such as IEEE Std 1362-1998 (R2007), ANSI/AIAA G-043B-2018, ISO 29148, and NASA's System Engineering Handbook Appendix S Concept of Operations Annotated Outline.

These standards provide structure and consistency, helping ensure that ConOps documents address the system's lifecycle, stakeholders, and environment.

However, the specific structure and content of a ConOps document can vary depending on the governing standard or the specific industry in which it is applied.

This article presents an overview of the structures proposed by these different standards and templates.

## 2. Overview of the Concept of Operations (ConOps).

### 2.1. Definition and Purpose.

The Concept of Operations (ConOps) is a formal, high-level document that describes how a system will be used from an operational perspective.

It provides a narrative that outlines the system's objectives, stakeholders, operational environment, and key capabilities.

According to IEEE Std 1362-1998 (R2007), ConOps serves as a bridge between the sometimes-vague operational needs of stakeholders and the specific technical requirements of system development [1]. The U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA) adds that a ConOps document is non-technical and should be presented from the viewpoints of the various stakeholders involved. Its primary role is to create a shared understanding of how the system will operate, what roles each stakeholder will play, and how the system will meet user requirements. It also defines the criteria for validating the system once it is completed [2].

## 2.2. Objectives of ConOps.

A well-constructed ConOps document serves several key objectives [1], [2]:

- **Stakeholder Agreement:** Ensures that all stakeholders agree on how the system will be operated and who will be responsible for different parts of the system.
- **High-Level System Concept:** Defines the high-level system concept and justifies why it was chosen over other alternatives.
- **Operational Environment:** Describes the environment in which the system will operate, including both the physical and operational environments.
- **Requirements Derivation:** Helps derive high-level system and user requirements.
- **Validation Criteria:** Provides the criteria for validating the completed system to ensure it meets operational goals and stakeholder needs.

## 3. Structure of a ConOps Document.

The structure of a ConOps document can vary significantly depending on the organization or industry creating it. Below, we explore several different ConOps structures, governed by standards from various entities.

### 3.1. IEEE Std 1362-1998 (R2007) Structure.

The IEEE Std 1362-1998 (R2007) standard provides a well-structured framework for creating ConOps documents, especially for software-intensive systems.

This standard focuses on defining how software systems should operate and interact with users and other systems throughout their lifecycle [1].

#### Structure:

##### Introduction.

- Project background and rationale.
- Assumptions and constraints.

##### Operational Overview.

- High-level overview of system operation.
- System scope and objectives.

##### Operational Scenarios.

- Nominal and off-nominal operational scenarios.
- Stakeholder roles and responsibilities.

##### System Description.

- Functional description of system components.
- Interfaces with external systems.

##### Operational Modes.

- Description of different modes of system operation.

##### Support Requirements.

- Maintenance, repair, and support strategies.

### 3.2. ANSI/AIAA G-043B-2018 Structure.

The Concept of Operations (ConOps) is a formal, high-level document that describes how a system will be used from an operational perspective.

It provides a narrative that outlines the system's objectives, stakeholders, operational environment, and key capabilities.

According to IEEE Std 1362-1998 (R2007), ConOps serves as a bridge between the sometimes-vague operational needs of stakeholders and the specific technical requirements of system development [1]. The U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA) adds that a ConOps document is non-technical and should be presented from the viewpoints of the various stakeholders involved. Its primary role is to create a shared understanding of how the system will operate, what roles each stakeholder will play, and how the system will meet user requirements. It also defines the criteria for validating the system once it is completed [2].

The ANSI/AIAA G-043B-2018 standard, developed by the American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), is broader in scope than IEEE 1362-1998 and applies to a wide range of systems, including both hardware and software systems [3].

This standard is widely used in aerospace and defense applications, where systems often involve multiple stakeholders and operational environments.

#### Structure:

##### Introduction.

- Purpose and objectives of the document.
- Stakeholder overview.

##### System Concept.

- High-level description of the system concept.
- Justification for the selected system approach.

##### Operational Environment.

- Physical and operational environments.
- External interfaces.

##### Operational Scenarios.

- Use cases and design reference missions (DRMs).
- Nominal and off-nominal conditions.

##### Support Environment.

- Maintenance, upgrade, and support requirements.

### 3.3. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA) Structure.

The FHWA ConOps structure, provided by the U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, offers a specific template designed for transportation systems, emphasizing integration and operational impacts.

**Structure [2]:****Title Page.**

- Includes project name, agency, contract number, and approval date.

**1.0 Purpose of Document.**

- Brief description of the purpose and rationale for the system under development.

**2.0 Scope of Project.**

- Overview of system objectives, geographic area covered, and agencies involved.

**3.0 Referenced Documents.**

- Lists supporting documentation and resources used for system development.

**4.0 Background.**

- Describes the current system, its limitations, and the justification for the new system.

**5.0 Concept for the Proposed System.**

- Describes alternative system concepts, evaluation of alternatives, and the selected approach.

**6.0 User-Oriented Operational Description.**

- Focuses on how the goals and objectives are currently accomplished and the strategies and policies employed.

**7.0 Operational Needs.**

- Describes the vision, goals, and objectives driving the system's requirements.

**8.0 System Overview.**

- Provides a structural overview of the system, its interfaces, users, and planned capabilities.

**9.0 Operational Environment.**

- Describes the facilities, hardware, software, and personnel required to operate the system.

**10.0 Support Environment.**

- Outlines the physical and operational support necessary for system maintenance.

**11.0 Operational Scenarios.**

- Details sequences of events for normal and failure conditions.

**12.0 Summary of Impacts.**

- Analyzes how the proposed system impacts stakeholders and documents constraints.

**13.0 Appendices.**

- Contains glossary, notes, and background material.

The FHWA structure places a strong emphasis on stakeholder roles, operational scenarios, and the integration of systems, which is crucial in the transportation sector where multiple systems must work together seamlessly.

**4. Notes on the Standards and Guidelines for ConOps.**

The standards and guidelines help ensure that ConOps documents are thorough, consistent, and meet stakeholder expectations.

**4.1. IEEE Std 1362-1998 (R2007).**

The IEEE Std 1362-1998 (R2007) standard is particularly useful for developing ConOps for software-intensive systems.

It provides a detailed outline for documenting how software systems will interact with users and other systems throughout their lifecycle [1].

The standard emphasizes:

- **Stakeholder communication:** Ensuring that all stakeholders are aligned on how the system should operate.
- **Operational scenarios:** Including both nominal (normal) and off-nominal (failure) operational conditions.
- **Support requirements:** Addressing system maintenance, repair, and lifecycle support.

The IEEE standard is designed for systems where software plays a significant role in performance and system behavior, such as in IT, aerospace, and defense systems.

It provides a clear structure to manage software complexity by defining key operational scenarios and user interactions.

#### 4.2. ANSI/AIAA G-043B-2018.

The ANSI/AIAA G-043B-2018 standard is broader in scope and applies to both hardware and software systems.

It is widely used in the aerospace and defense industries, where systems often involve complex interactions between hardware components, software, and multiple stakeholders [3].

The standard covers:

- **System concept and justification:** High-level system design and the rationale for selecting specific approaches.
- **Operational environments:** Describing both physical and operational conditions, ensuring that the system can function in different contexts.
- **Support environment:** Maintenance and upgrade strategies over the system's lifecycle.

ANSI/AIAA G-043B-2018 also emphasizes the importance of stakeholder collaboration, ensuring that all parties involved in the system's development understand their roles and the system's purpose.

This standard is highly applicable to large-scale projects like space missions and military systems, where complex operational scenarios must be managed across a system's lifecycle.

#### 4.3. ISO/IEC/IEEE 29148:2011.

The ISO/IEC/IEEE 29148:2011 standard provides a framework for capturing system requirements and operational concepts.

It is particularly well-suited for systems that are being developed incrementally, where updates and enhancements are made to existing capabilities over time [4].

This standard focuses on:

- **Incremental development:** Structuring ConOps to support projects where systems are gradually upgraded or extended.
- **Lifecycle flexibility:** Providing guidelines for evolving operational requirements as systems grow more complex.

ISO 29148 is especially useful for projects involving regional integration or incremental improvements to existing systems, such as transportation systems or public infrastructure.

#### 4.4. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA).

The FHWA's ConOps template is designed for transportation systems where operational integration and collaboration between multiple local and regional stakeholders is critical [2].

It emphasizes:

- **Stakeholder roles:** Ensuring clear communication and delineation of responsibilities among transportation agencies.
- **Operational and failure scenarios:** Documenting how the system will operate in both normal and failure conditions.
- **Integration:** Managing how different systems are integrated to create a cohesive regional or national transportation system.

The FHWA template is particularly valuable for large, multi-agency transportation projects where systems must be automated, integrated, or coordinated across jurisdictions.

It also provides a checklist to ensure that critical operational details, stakeholder roles, and environmental conditions are clearly documented.

## 5. Real-World Examples.

To better understand how Concept of Operations (ConOps) documents are used in practice, several real-world examples from large-scale systems demonstrate how ConOps helps define operational objectives and guide system development.

Below, we examine different cases.

### 5.1. NISAR ConOps.

The NISAR (NASA-ISRO Synthetic Aperture Radar) mission is a joint venture between NASA and the Indian Space Research Organisation (ISRO), designed to measure changes in Earth's surface.

The NISAR ConOps provides a comprehensive guide for how the satellite system will collect, process, and distribute geospatial data.

The NISAR ConOps addresses key operational scenarios, detailing how satellite sensors will capture data, the interactions between the satellite and ground stations, and how scientists will access and interpret the data.

This document is indeed a mix of the following concepts into a single document [9]:

- Science and Applications.
- Mission Science Requirements.
- Mission Design and ConOps.
- Flight System Characteristics.
- Radar and Measurement Principles.
- Data Products.
- Revisions include errata corrections and some updates.

Key aspects include:

- **Operational Scenarios:** Describes how the satellite operates under normal conditions and in response to system failures or environmental anomalies.
- **Stakeholder Roles:** Outlines the roles of both NASA and ISRO, as well as other stakeholders responsible for data analysis and mission control.
- **Support Requirements:** Details the operational support needed throughout the satellite's lifecycle, including maintenance, upgrades, and decommissioning.

NISAR's ConOps is a detailed example of how complex space missions require a structured approach to system operations, aligning with both NASA and IEEE standards for system development.

## 5.2. LSST ConOps.

The Large Synoptic Survey Telescope (LSST) project, now known as the Vera C. Rubin Observatory, provides a strong example of ConOps [6] applied in the astronomical research domain.

The LSST is designed to capture vast amounts of astronomical data over its 10-year operational lifespan, and its ConOps document emphasizes:

- **Data Collection and Distribution:** Describes how the telescope will gather astronomical data and distribute it to the scientific community.
- **Stakeholder Roles:** Details the roles of scientists, data analysts, and support staff responsible for ensuring the system operates efficiently.
- **Operational Environment:** Outlines the environmental conditions the telescope will encounter, including temperature, altitude, and weather impacts on data collection.

## 6. Maintaining ConOps Document as a Living One.

One of the critical aspects of a successful ConOps document is that it should be considered a living document.

This means that the ConOps must evolve throughout the lifecycle of the system, adapting to changes in requirements, technology, and operational environments.

The BSR/AIAA G-043A-201X standard emphasizes that **the ConOps document and the System Operational Concept (OpsCon) document should be updated as the system transitions from development through deployment, maintenance, and eventual decommissioning [3] [7].**

Updates to the ConOps may include:

- **Changes in Stakeholder Requirements:** As new stakeholders become involved or as operational requirements shift, the ConOps should reflect these changes.
- **System Upgrades and Enhancements:** When systems are incrementally upgraded, such as in transportation or IT projects, the ConOps should document how these upgrades will affect operations.

- **Lifecycle Transitions:** The ConOps should be updated to reflect changes in the system's lifecycle, including transitions from testing to full operation, as well as updates to support and maintenance procedures.

In large-scale projects such as NISAR and LSST, where system lifecycles span several years or even decades, maintaining an updated ConOps ensures that the system can continue to meet its operational objectives despite changes in technology or stakeholder needs.

#### 7. Use of UML and SysML in ConOps Development.

In modern systems engineering, the use of Unified Modeling Language (UML) and Systems Modeling Language (SysML) plays an increasingly important role in the development of ConOps documents.

These modeling languages allow systems engineers to create visual representations of system interactions, operational scenarios, and stakeholder roles, providing a clearer picture of how the system will function.

### 7.1. UML in ConOps.

UML is widely used in software engineering to model use cases, system interactions, and operational scenarios.

In the context of ConOps, UML can be used to visually depict how different system components interact during various operational modes.

For example:

- **Use Case Diagrams:** Show how different stakeholders interact with the system, outlining the roles and responsibilities of each participant.
- **Sequence Diagrams:** Depict the flow of communication between system components during normal operations and failure conditions, helping to visualize how the system responds to different scenarios.

UML is particularly valuable in software-intensive systems like those guided by IEEE Std 1362-1998 (R2007), where interactions between system components and users must be clearly defined to ensure system reliability.

### 7.2. SysML in ConOps.

SysML, an extension of UML, adds capabilities for modeling both hardware and software systems, making it highly applicable for complex systems that include physical components.

SysML is particularly useful in ConOps documents for aerospace, defense, and transportation systems, where both hardware and software components must interact seamlessly.

SysML diagrams can be used to:

- **Model System Architecture:** Providing a high-level view of the system's structure, including hardware components, interfaces, and software integration. Block Definition Diagrams (BDDs) show the major components of the system and how they relate to each other in terms of structure and hierarchy. Internal Block Diagrams (IBDs) focus on the internal structure of a block (component), showing how its parts interact and communicate via interfaces. Package Diagrams organize model elements into packages, clarifying how different components or systems are grouped and interrelated.
- **Operational Process Models:** Show the sequence and interrelationship of activities, making it easier to document complex operations with multiple dependencies. Activity diagrams show the flow of control between different tasks in an operation, identifying who performs what task and when. Sequence diagrams illustrate the time-based interactions between system components, showing the order of messages exchanged between them.

For example, in NASA's NISAR mission, SysML is used to describe how the satellite's sensors interact with ground systems, outlining the flow of data from the satellite to processing centers and how it is distributed to users.

**SysML's ability to handle both hardware and software elements makes it ideal for modeling operational scenarios in ConOps documents that span both domains.**

Please, note that parametric modeling is a unique feature of SysML that allows the modeling of quantitative relationships within a system, something not natively supported by UML. This is especially useful in systems engineering, where physical properties such as mass, energy, and performance parameters need to be analyzed and optimized. A parametric model is a specialised form of internal block diagram used to analyse metrics for performance, safety, reliability, and measurable physical characteristics.

The use of UML and SysML in ConOps development aligns with modern systems engineering practices, providing a more dynamic and visual approach to understanding complex system behaviors.

By including detailed diagrams, ConOps documents can bridge the gap between technical and non-technical stakeholders, ensuring that everyone involved has a clear understanding of how the system will function under various conditions.

## 8. Conclusions.

The Concept of Operations (ConOps) is a foundational document in systems engineering that defines how a system will operate from a user's perspective.

While the structure and content of ConOps documents vary depending on the industry and governing standards, the purpose remains the same: to align operational objectives with technical requirements and ensure that all stakeholders have a shared understanding of how the system will function.

Standards such as IEEE Std 1362-1998 (R2007), ANSI/AIAA G-043B-2018, and FHWA's ConOps template provide structured frameworks for developing these documents, ensuring that critical operational scenarios, stakeholder roles, and support requirements are addressed.

Real-world examples from the NISAR and LSST projects demonstrate how ConOps documents are used in complex systems to ensure successful operation and lifecycle management.

As systems become more complex and evolve over time, maintaining ConOps as a living document is essential to ensuring that operational goals continue to be met.

Additionally, the use of modern modeling languages like UML and SysML helps bridge the gap between technical and non-technical stakeholders, making it easier to visualize system interactions and operational processes.

## 9. References.

- [1] *IEEE Std 1362-1998 (R2007), IEEE Guide for Information Technology—System Definition—Concept of Operations (ConOps) Document*, IEEE, 1998.
- [2] *U.S. Department of Transportation, Concept of Operations Template*, Federal Highway Administration website, accessed September 2024.
- [3] *ANSI/AIAA G-043B-2018, Guide to the Preparation of Operation Concept Documents*, AIAA, 2018.
- [4] *ISO/IEC/IEEE 29148:2011, Systems and Software Engineering – Life Cycle Processes – Requirements Engineering*, ISO/IEC/IEEE, 2011.
- [5] *NASA, NASA-ISRO SAR (NISAR) Mission Science Users' Handbook*. 2019.
- [6] *Large Synoptic Survey Telescope (LSST). D. Petravick and M. Butler and M. Gelman. LDM-230. Concept of Operations for the LSST Data Facility Services*, LSST, 2018.
- [7] *BSR/AIAA G-043A-201X, Operational Concept Guide for System Development*, AIAA, 2011.
- [8] *Rafael Ferreira da Silva: ConOps*.





# NOVEDADES EVENTOS AEIS

---

Este semestre, se han organizado 3 eventos online desde AEIS:

- **Complex systems modelling: techniques to include system thinking, high variability and hierarchies**, el 24 de septiembre
- **NASA vs INCOSE: ¿Siguen las especificaciones de la NASA las reglas definidas por INCOSE en el GtWR?**, el 28 de octubre
- **Mesa redonda: ¿Qué rol deben representar los ingenieros de sistemas en las organizaciones?**, el 26 de noviembre

El detalle de todos los eventos AEIS, así como las grabaciones de los pasados, se puede encontrar en la página de AEIS: <https://www.aeis-incose.org/recursos-para-miembros/grabaciones-eventos/> (es necesario iniciar sesión con la cuenta de miembro AEIS).

Así mismo, se llevó a cabo la **Systems Engineering Interoperability Conference**, durante los días 13 y 14 de noviembre en la Universidad Carlos III de Madrid. Más información en <https://se-interoperability.org/>.

Respecto a los eventos futuros, nos complace anunciaros que congreso de referencia de ingeniería de sistemas en España, el **Applied Systems Engineering Workshop**, llevará a cabo su próxima edición el 5 de junio de 2025. Este es un evento presencial imprescindible para los ingenieros de sistemas en España, y está coorganizado por AEIS, la Universidad Europea de Madrid, ISDEFE y SENER. Las inscripciones están ya abiertas a través de la página web en <https://www.aeis-incose.org/asew2025/>. El evento es gratuito y se llevará a cabo en el campus de la Universidad Europea de Madrid en Villaviciosa de Odón.

De la misma manera, les recordamos los eventos próximos organizados desde INCOSE Central:

- **INCOSE International Workshop, 1-4 de febrero 2025 en Sevilla**, España. <https://www.incose.org/iw2025>
- **INCOSE International Symposium, 26-31 de julio 2025 en Ottawa**, Canadá. <https://www.incose.org/symp2025>

# CERTIFICACIÓN SEP

## PROGRAMA DE CERTIFICACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

*Cristina Saiz Valverde*

*Systems Engineering Consultant for*

*Defense Acquisition Programs*

*ISDEFE*

¿El Programa de Certificación Profesional de Ingeniería de Sistemas INCOSE ofrece una evaluación independiente de los profesionales en Ingeniería de Sistemas, impulsando:

- Una comunidad de Ingeniería de Sistemas:
- El reconocimiento de profesionales de la Ingeniería de Sistemas:
- Un respaldo del conocimiento de los profesionales, reconocido por las organizaciones e instituciones:

El objetivo del Programa de Certificación INCOSE es proporcionar un método formal para reconocer el conocimiento, la experiencia, la formación y el liderazgo en Ingeniería de Sistemas.

El Programa de Certificación reconoce tres niveles de conocimiento y experiencia en Ingeniería de Sistemas.



**ASEP (Associate Systems Engineering Professional)**

Nivel de certificación dirigido a personas al inicio de su carrera como ingenieros de sistemas, recién graduados universitarios y con una experiencia laboral entre 0 y 5 años



**CSEP (Certified Systems Engineering Professional)**

Nivel de certificación dirigido a ingenieros de sistemas en ejercicio, con más de 5 años de experiencia profesional en Ingeniería de Sistemas



**ESEP (Expert Systems Engineering Professional)**

Nivel de certificación dirigido a líderes senior en Ingeniería de Sistemas, con experiencia profesional mayor de 20 años y logros reconocidos en Ingeniería de Sistemas.

La obtención de cualquiera de los niveles ASEP/ CSEP/ ESEP requiere ser miembro de AEIS-INCOSE y mantener anualmente la membresía.

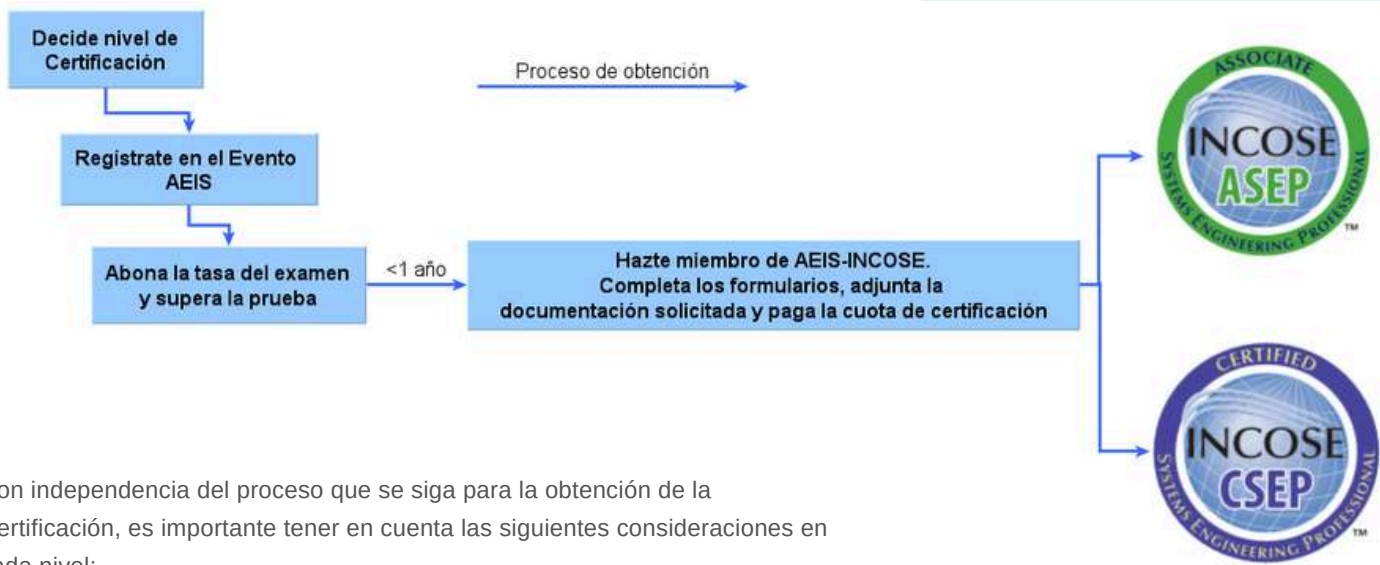
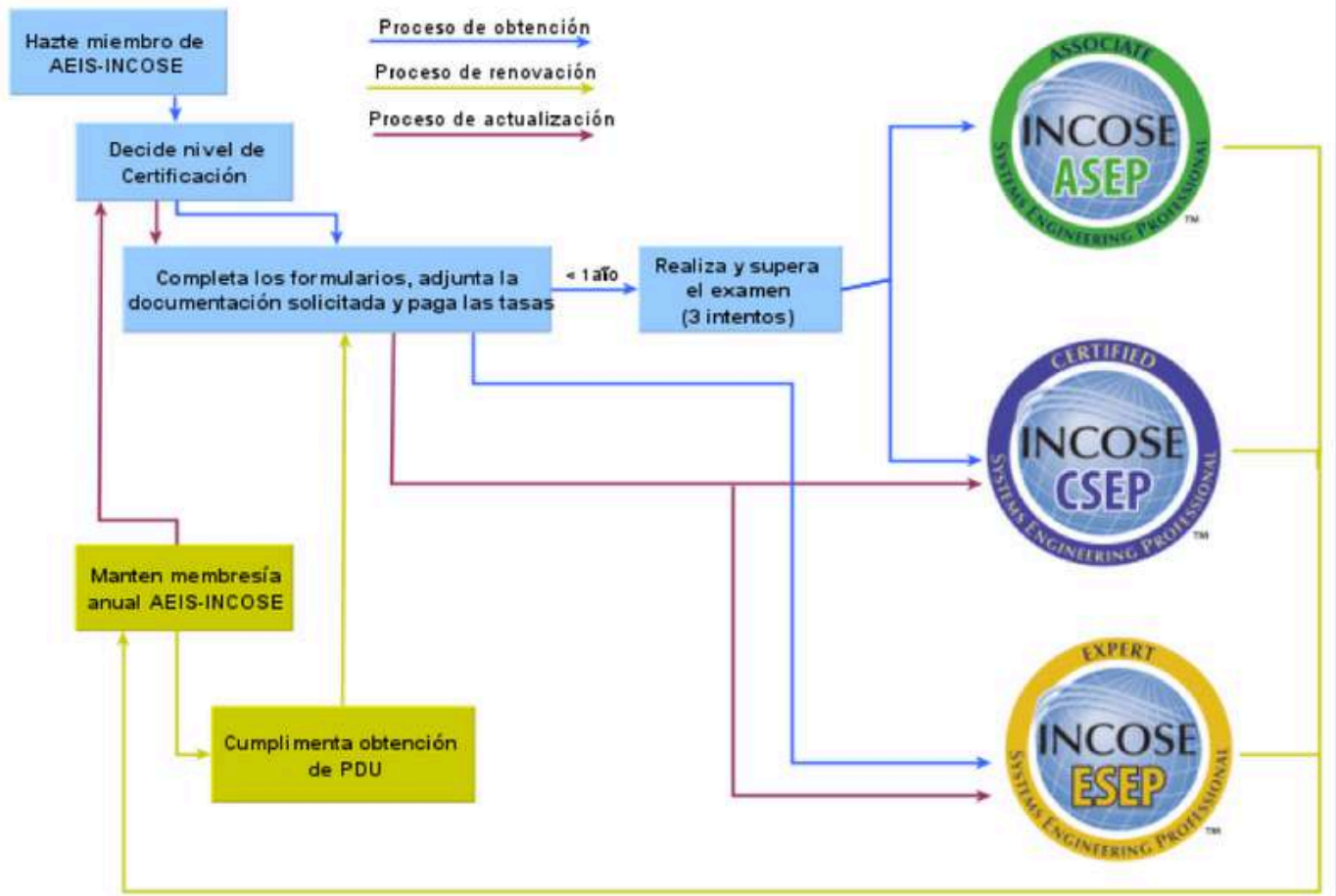
Actualmente, se identifican 2 vías para obtener la Certificación:

Proceso principal, facilitado directamente por INCOSE.

Proceso facilitado a través de Eventos patrocinados por AEIS.

La certificación de los niveles ASEP y CSEP, canalizada a través de los Eventos de AEIS, implica que todos los procesos de membresía, envío de documentación, justificaciones y pago de la cuota de certificación, pueden iniciarse tras haber superado el examen. Se dispone de 1 año, desde la fecha en la que se confirma el resultado, para formalizar los trámites.

**LA OBTENCIÓN DE CUALQUIERA DE LOS NIVELES ASEP/ CSEP/ ESEP REQUIERE SER MIEMBRO DE AEIS-INCOSE Y MANTENER ANUALMENTE LA MEMBRESÍA.**



Con independencia del proceso que se siga para la obtención de la Certificación, es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones en cada nivel:

**ASEP**

- Se debe demostrar el conocimiento sobre Ingeniería de Sistemas a través de un examen que se basa en el Manual INCOSE SE (<https://www.incose.org/systems-engineering-certification/about-the-exam>).
- La certificación ASEP se renueva cada 5 años, con una duración máxima de 15 años, justificando el desarrollo profesional continuo en Ingeniería de Sistemas mediante la obtención de PDU (<https://www.incose.org/systems-engineering-certification/the-certification-process/how-do-i-renew#Activities>).

CON INDEPENDENCIA DEL PROCESO QUE SE SIGA PARA LA OBTENCIÓN DE LA CERTIFICACIÓN, ES IMPORTANTE TENER EN CUENTA ALGUNAS CONSIDERACIONES EN CADA NIVEL

# SAVE THE DATE

1 - 4  
FEBRERO

**INCOSE IW 2025**  
SEVILLA - SPAIN - EUROPE  
International Workshop



5  
JUNIO

**Applied Systems  
Engineering Workshop**  
Madrid, Universidad Europea



26 - 31  
JULIO

**INCOSE IS 2025**  
OTAWA - CANADA  
International Symposium



MANTENTE ACTUALIZADO PARA MÁS EVENTOS:

<https://www.aeis-incose.org/eventos/>

<https://www.incose.org/>

## CÓMO HACERSE MIEMBRO DE AEIS

Ser miembro de AEIS (INCOSE España) implica convertirse en miembro de INCOSE Internacional. Puede darse de alta directamente desde nuestra página web, en el enlace: <https://www.aeis-incose.org/opciones-de-membresia/>



# ADVISORY BOARD (CAB)



## PATROCINADOR



## ACUERDOS DE COLABORACIÓN



## AEIS - INCOSE ESPAÑA

 <https://www.linkedin.com/company/aeis-incose>

## SISTEMISTAS: EL PODCAST SOBRE INGENIERÍA DE SISTEMAS



 [Sistemistas en Spotify](#)

 [Sistemistas en iVoox](#)



C/ Benjamín, 15, 1º  
28039 Madrid  
[contact@aeis-incose.org](mailto:contact@aeis-incose.org)  
<https://www.aeis-incose.org>