



Desarrollo del Control de la Transmisión de un Vehículo Eléctrico con Diseño Basado en Modelos para GKN Driveline.

Miguel Allende

miguel.allende@tecnalia.com

Director Técnico Área Automoción

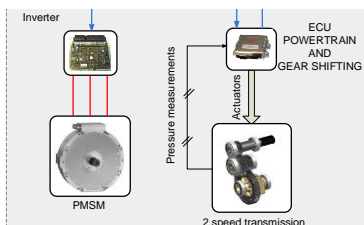
Tecnalia

4-Mayo-2017



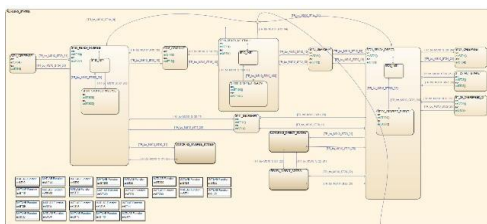
Retos y necesidades sector automoción

Presentación Tecnalia



Objetivos y retos del proyecto

MathWorks como solución



Desarrollo del proyecto

Conclusiones



- Tendencias en sector automoción
 - Aumento en el número de funciones tecnológicas. → Más líneas de código.
 - Aumento de complejidad. → Mayor conocimiento de los sistemas a controlar.
 - Aumento en la seguridad. → Mayor número de pruebas y validaciones.
 - Disminución de los tiempos de desarrollo. → Desarrollo más ágil de los sistemas.



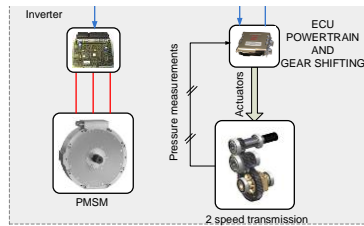
Necesidad de métodos y plataformas de desarrollo que permitan el desarrollo, la validación y la reutilización del software desarrollado.





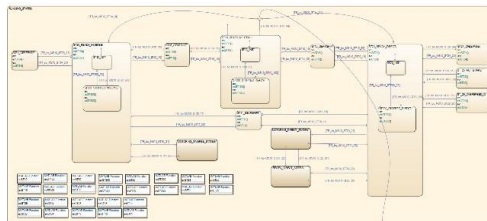
Retos y necesidades sector automoción

Presentación Tecnalia



Objetivos y retos del proyecto

MathWorks como solución



Desarrollo del proyecto

Conclusiones



- TECNALIA Research & Innovation es una fundación privada.
- Primer centro privado de Investigación Aplicada de España y uno de los más relevantes de Europa.



- Misión: transformar conocimiento en PIB.

LAS PERSONAS DE TECNALIA

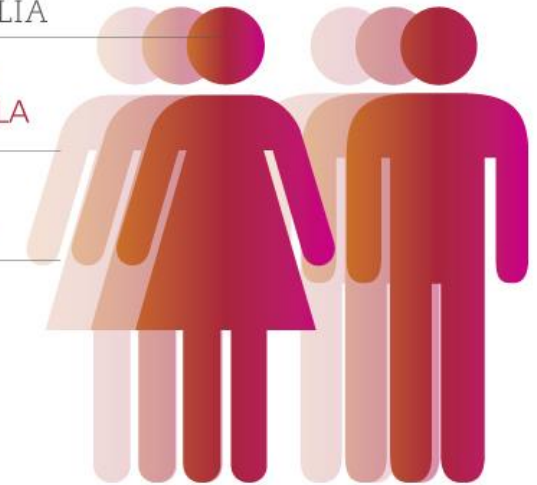
1.400 PERSONAS EN PLANTILLA

56% HOMBRES **44%** MUJERES

30 NACIONALIDADES DIFERENTES

41,8 AÑOS DE EDAD MEDIA

214 NÚMERO DE DOCTORES



INGRESOS

102,6 MILLONES DE EUROS

PATENTES

21 SOLICITADAS **94** FAMILIAS EN CARTERA **378** ACTIVAS CONTENIDAS EN ESAS FAMILIAS

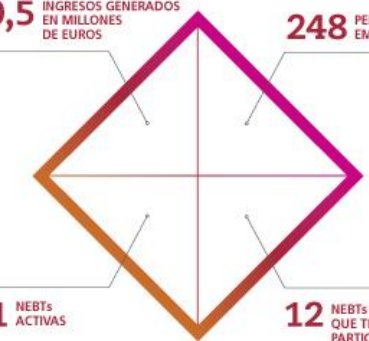
CARTERA DE CLIENTES

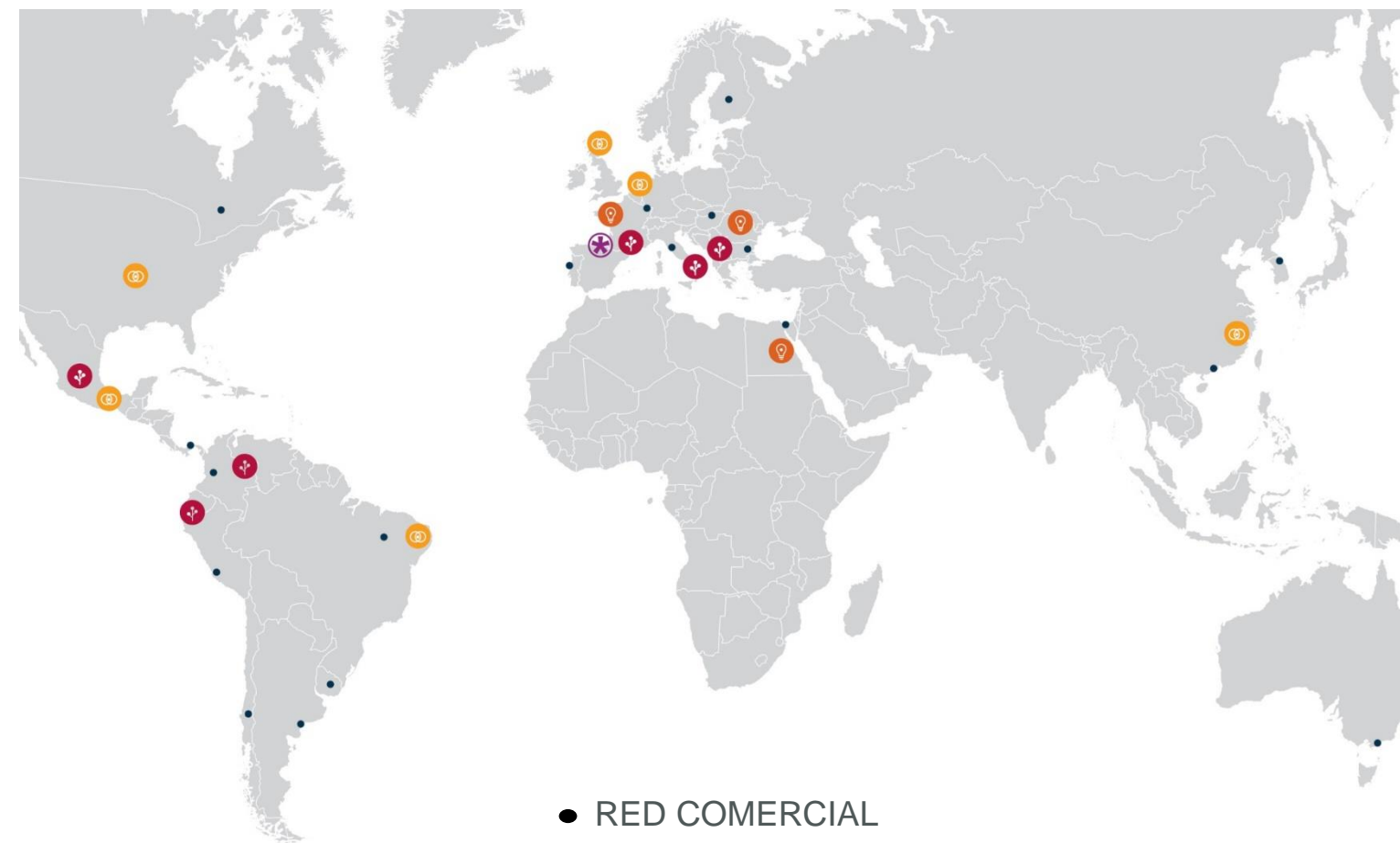
4.050 EMPRESAS

NEBTs

30,5 INGRESOS GENERADOS EN MILLONES DE EUROS **248** PERSONAS EMPLEADAS

21 NEBTs ACTIVAS **12** NEBTs EN LAS QUE TECNALIA PARTICIPA





● RED COMERCIAL



SEDE CENTRAL

Bilbao, Bizkaia (España)



DELEGACIONES EN EL EXTERIOR

Colombia (Bogotá y Medellín)
 Ecuador (Quito)
 Francia (Montpellier)
 Italia (Pisa)
 México (Ciudad de México)
 Serbia (Belgrado)



CENTROS DE INNOVACIÓN ASOCIADOS

Bulgaria (Sofia) | ESICenter Eastern Europe
 Egipto (El Cairo) | ESICenter SECC
 Francia (Anglet) | Nobatek



ALIANZAS

CAAM: China
 CIDESI: México
 CLAUT: México
 JIIP: Bélgica
 NUTES: Brasil
 SEI: EE.UU.
 UNIVERSITY OF STRATHCLYDE: Escocia

El área de automoción se sitúa dentro de Industria y Transporte.
4 líneas de investigación:

Desarrollo de sistemas de control de vehículos con nuevas arquitecturas de propulsión, tales como híbridos serie, paralelo, eléctricos.

Control de máquinas eléctricas de alta velocidad y máxima eficiencia.

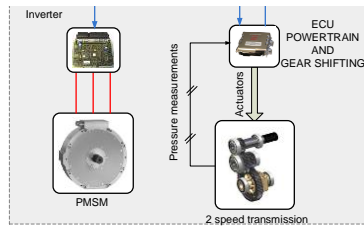
Conducción automatizada y conectada con el entorno.

Modelado de componentes y simulación en entornos HIL/MIL para desarrollo de software o testeo de componentes.



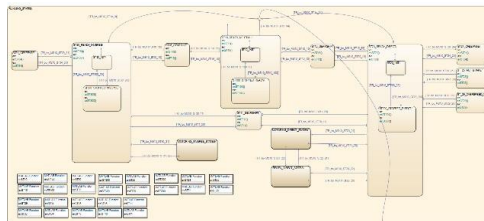
Retos y necesidades sector automoción

Presentación Tecnalia



Objetivos y retos del proyecto

MathWorks como solución



Desarrollo del proyecto

Conclusiones



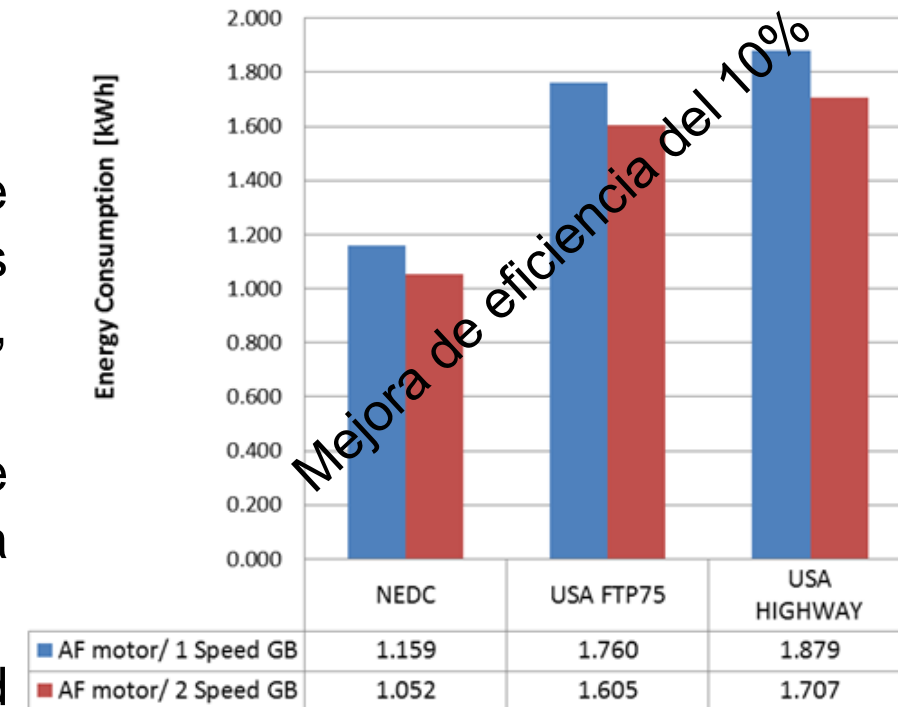
▪ Objetivo principal del proyecto

Desarrollo del hardware y software de control de una caja de cambios de dos velocidades de un vehículo eléctrico para GKN Driveline.

▪ Motivación.

- En base a los estudios realizados por GKN Driveline.
 - **Ahorro energético.** Ahorros de hasta el 10% de energía en un vehículo eléctrico con caja de cambios de dos velocidades frente a uno sin caja de cambios, con el ciclo conocido.
 - **Mejor sensación de conducción:** Elevados pares de conducción desde baja velocidad que permite una mejor respuesta dinámica de conducción.
 - **Mayor velocidad punta:** Elevación de la velocidad máxima del vehículo eléctrico a valores de hasta 180 km/h.

AF motor+ GB (1 vs 2 speed)

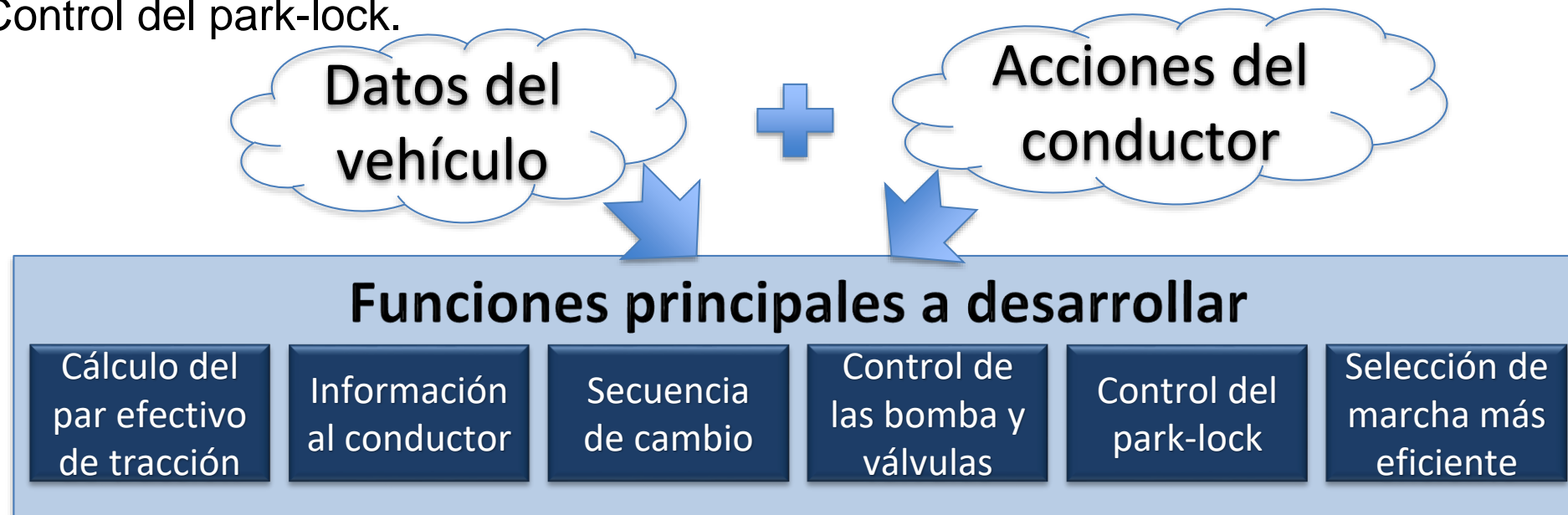


▪ Retos

- **Instalable en cualquier vehículo** sin necesidad de sensores adicionales, manteniendo todas la funcionalidad del mismo:
 - Control de tracción, EBS, ESP, frenado regenerativo...
- **Transmisión continua de potencia** durante las fases de cambio de marchas.
- Detección del estilo de conducción y del trayecto para una **selección de óptima de marcha** que ahorre energía.
- **Desarrollo solapado del software y hardware.**
- **Vehículo objetivo no definido** inicialmente.
- **No disponibilidad de sistemas de terceros** para pruebas conjuntas.
- **Alineado con las normativas** de automoción y desarrollo software.
- **Pruebas en pista reducidas** en tiempo.

■ Funcionalidades

- En colaboración con GKN Driveline Zumaia se listan las funciones principales.
- 1. Cálculo del par de tracción en función de limitaciones, seguridad del vehículo y demandas del conductor.
- 2. Información al conductor acerca del sistema de propulsión.
- 3. Control de la caja de cambios (actuadores), secuencia de cambio y selección de marcha más óptima.
- 4. Control del park-lock.

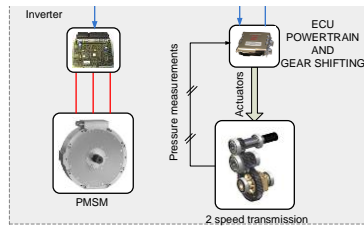


- El éxito del proyecto depende de la selección correcta de un entorno que permita:
 1. Desarrollar software mediante diseño basado en modelos.
 2. Trazar los requisitos con los bloques software desarrollados.
 3. Simular matemáticamente modelos de vehículo, motor eléctrico, inversor, de forma que se pueda simular la planta completa a controlar.
 4. Desarrollar algoritmos con independencia de la plataforma final seleccionada.
 5. Generar automáticamente el código a sistemas de prototipado rápido y al hardware definitivo.



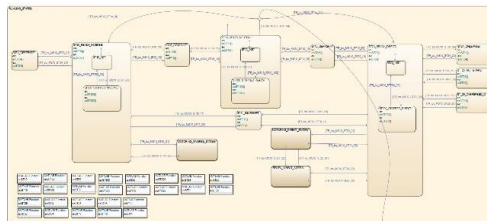
Retos y necesidades sector automoción

Presentación Tecnalia



Objetivos y retos del proyecto

MathWorks como solución



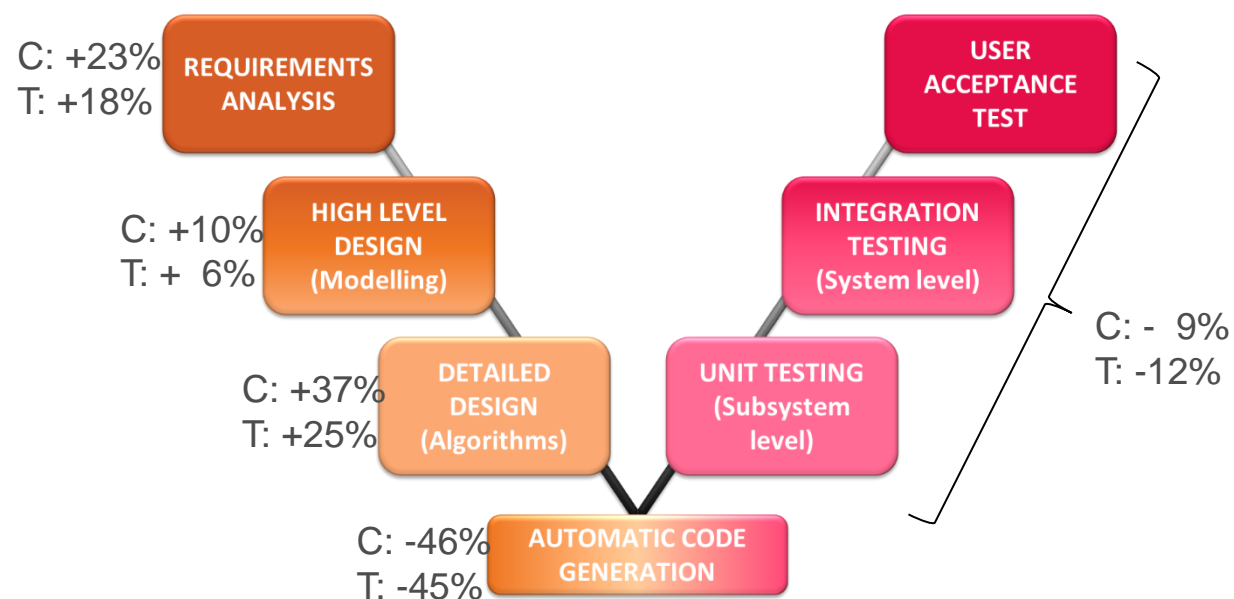
Desarrollo del proyecto

Conclusiones



- Utilización de la metodología de diseño basado en modelos durante la ejecución del proyecto.
- Desde las etapas iniciales se comienza a desarrollar el software de control, permitiendo la detección temprana de errores de diseño.

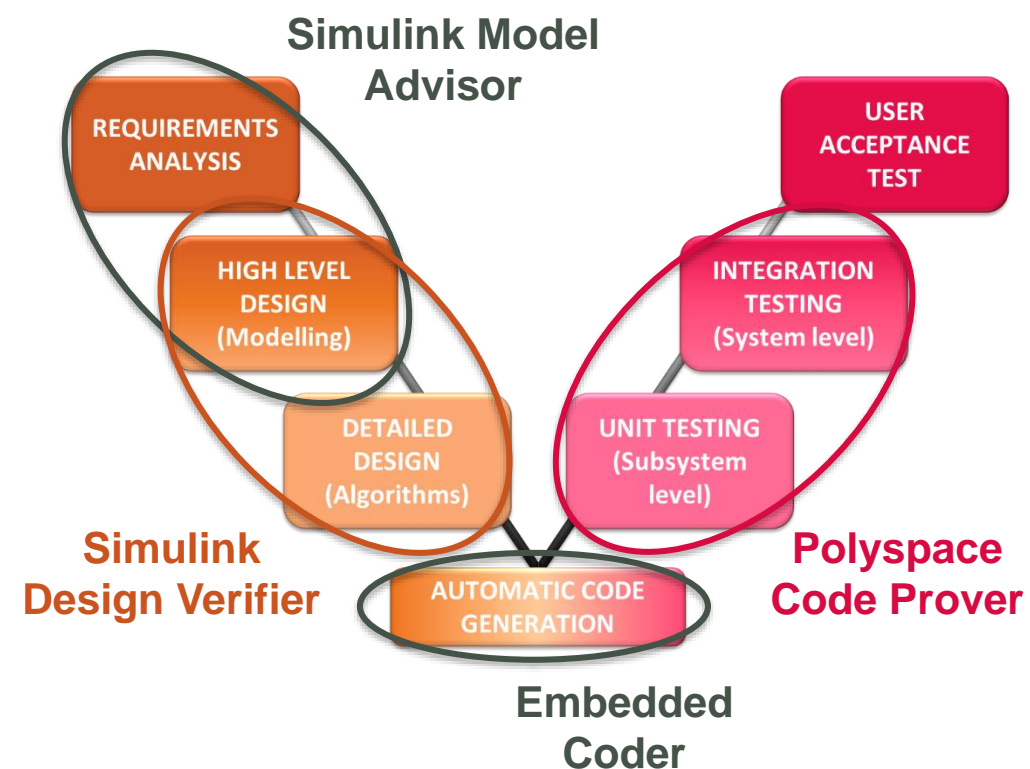
EVALUACIÓN DE LOS TIEMPOS Y COSTES DE CADA FASE
REDUCCIÓN DEL 27% EN COSTES Y 36% EN TIEMPO



Source: research of Altran Technologies, the chair of Software and Systems Engineering and the chair of Information Management of the University of Technology in Munich (TUM)

- Capacidades y herramientas MathWorks

- Trazabilidad con los requisitos.
- Test basados en requisitos y cobertura de los modelos (Coverage).
- Librerías para modelar sistemas hidráulicos, mecánicos y de control. → *Simscape*.
- Verificación de normativa aplicada al modelo → *Simulink Model Advisor*.
- Generación de Test Cases y análisis del diseño → *Simulink Design Verifier*.
- Configuración de herramientas y generación automática de código → *Embedded Coder*.
- Verificación del código generado → *Polyspace Code Prover*.



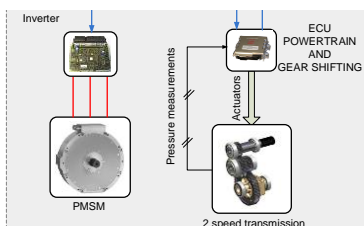
- El diseño basado en modelos utilizando MATLAB y Simulink, permite mejorar la calidad del resultado y reducir el tiempo de desarrollo en un 40%.
- **Ejemplo:** Reducción del tiempo de pruebas de campo de 4 meses a 2 semanas.
- El entorno permite:
 - Crear y manejar modelos a nivel sistema en un ambiente de diseño gráfico e interactivo.
 - Diseñar y evaluar algoritmos de control usando el propio modelo del producto.
 - Simular los modelos y ver los resultados usando gráficas y argumentos intuitivos.
 - Generar software automáticamente desde el modelo del controlador para probar e implementar.
 - Integración de herramientas y modelos de terceros debido a que es una herramienta con una utilización generalizada para el desarrollo de sistemas de control.





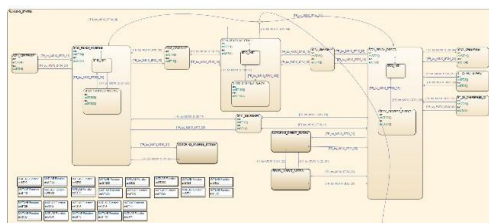
Retos y necesidades sector automoción

Presentación Tecnalia



Objetivos y retos del proyecto

MathWorks como solución

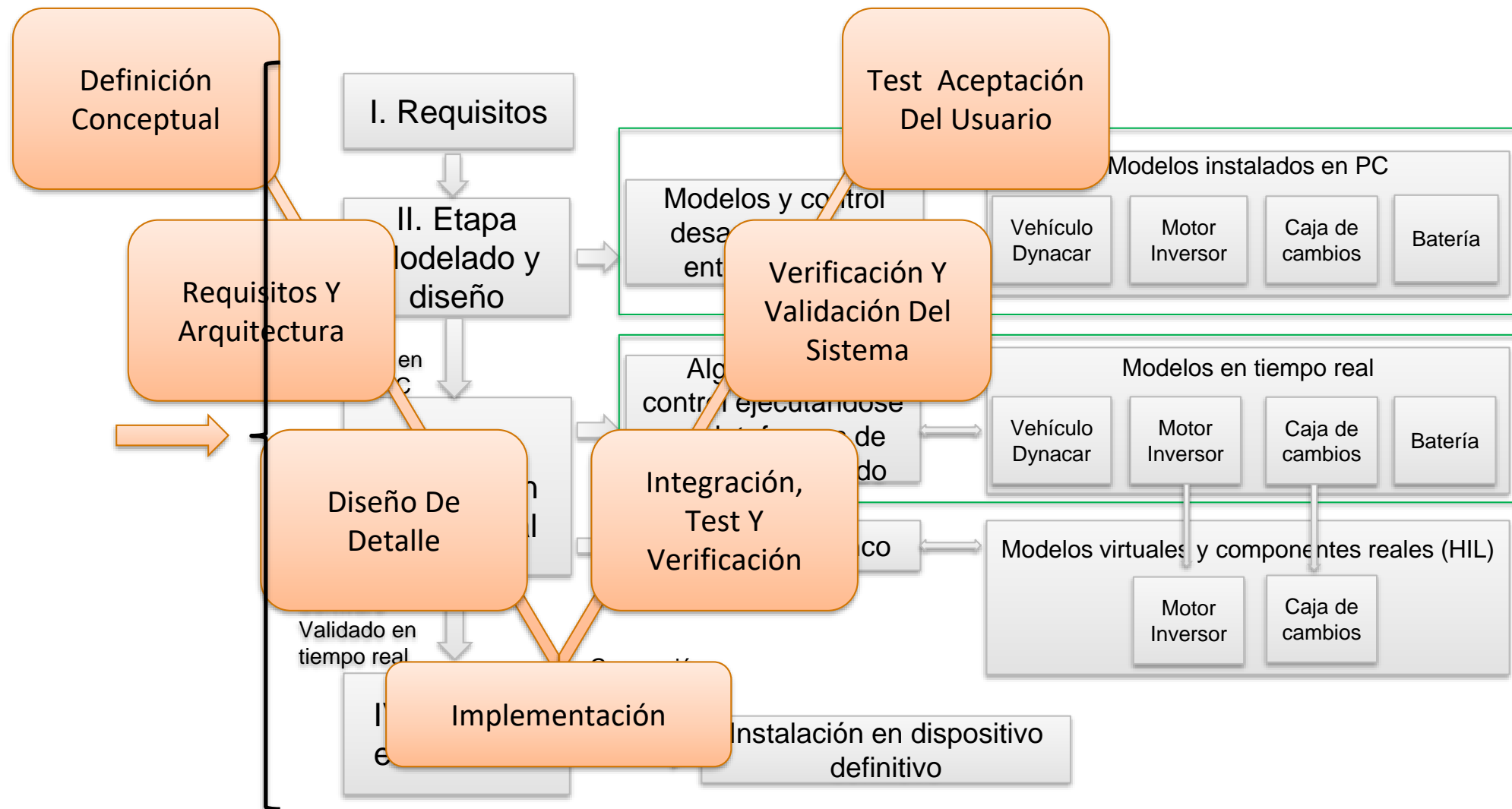


Desarrollo del proyecto

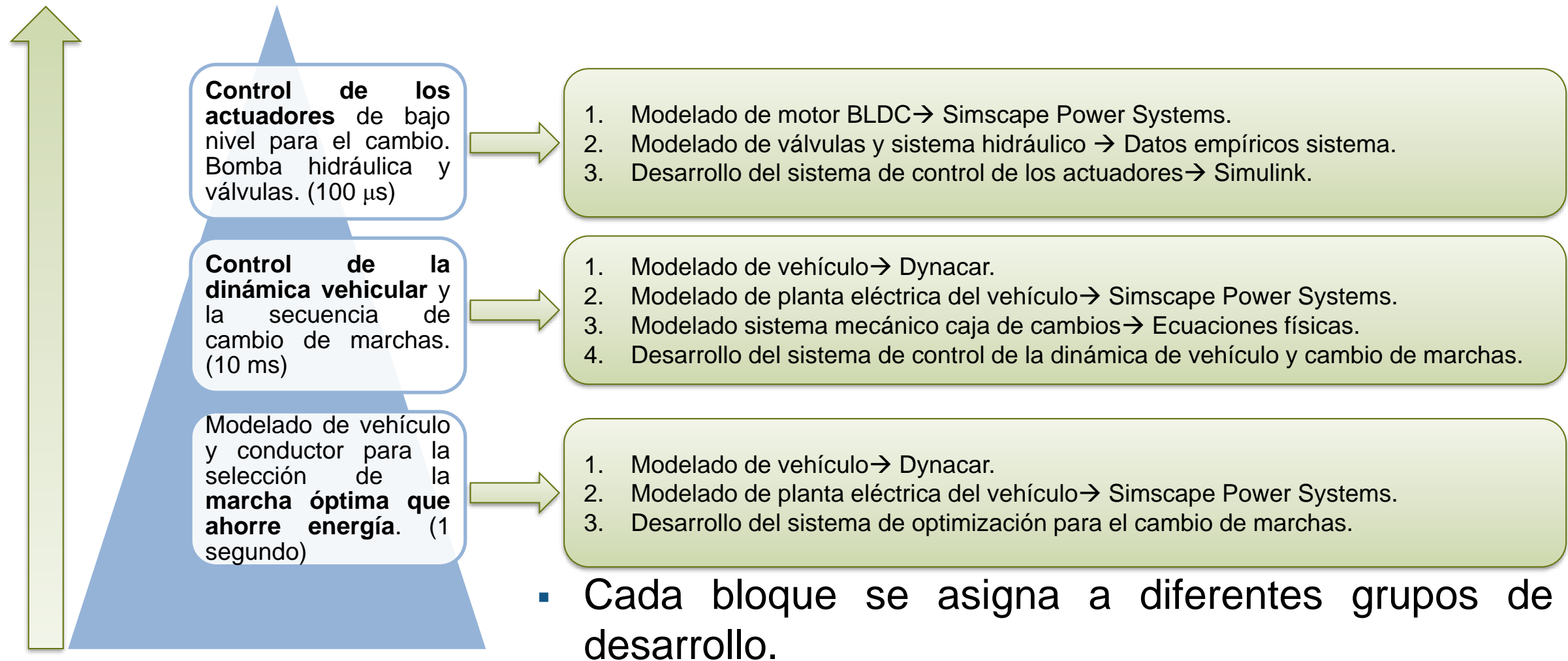
Conclusiones



- Se establece con GKN el método de desarrollo software en "V".

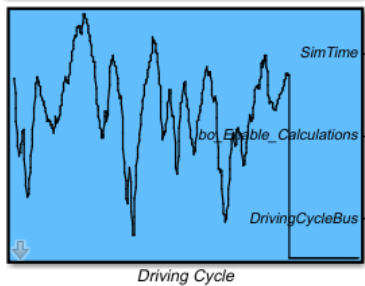


- En base a los requisitos del proyecto y en colaboración con GKN Driveline se establece la arquitectura software, que contempla tres bloques fundamentales.

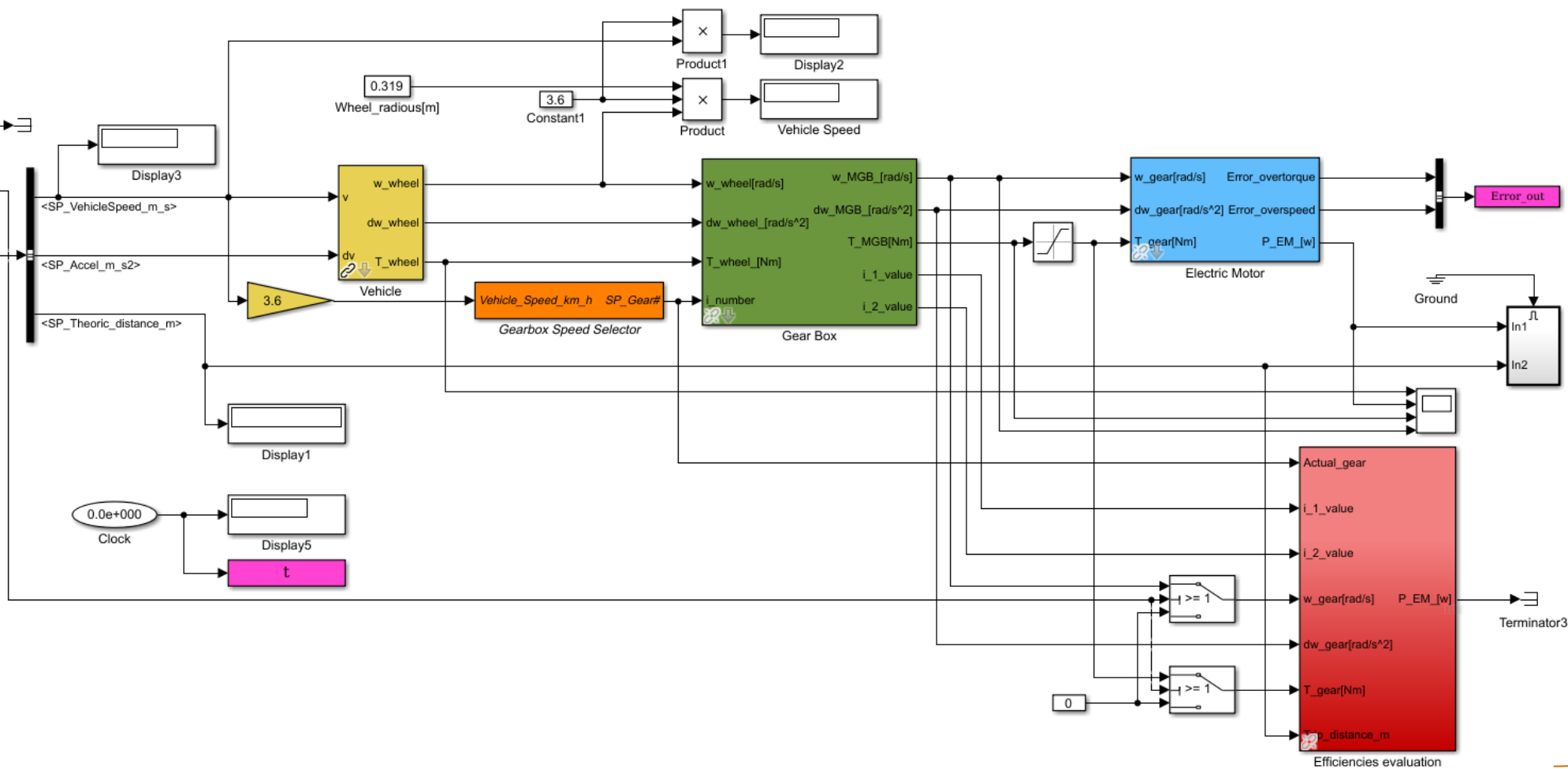


Model_Name: GKN_optigearchange
 Model Version: 1.356
 Last Mod_Date: 10-abr-2017 16:22:53
 Last Mod_By: mallende
 SVN Version:
 MATLAB: R2012b
 EmbeddedCoder: 06-05-2013
 Date: Miguel Allende
 Author: Borja Hériz

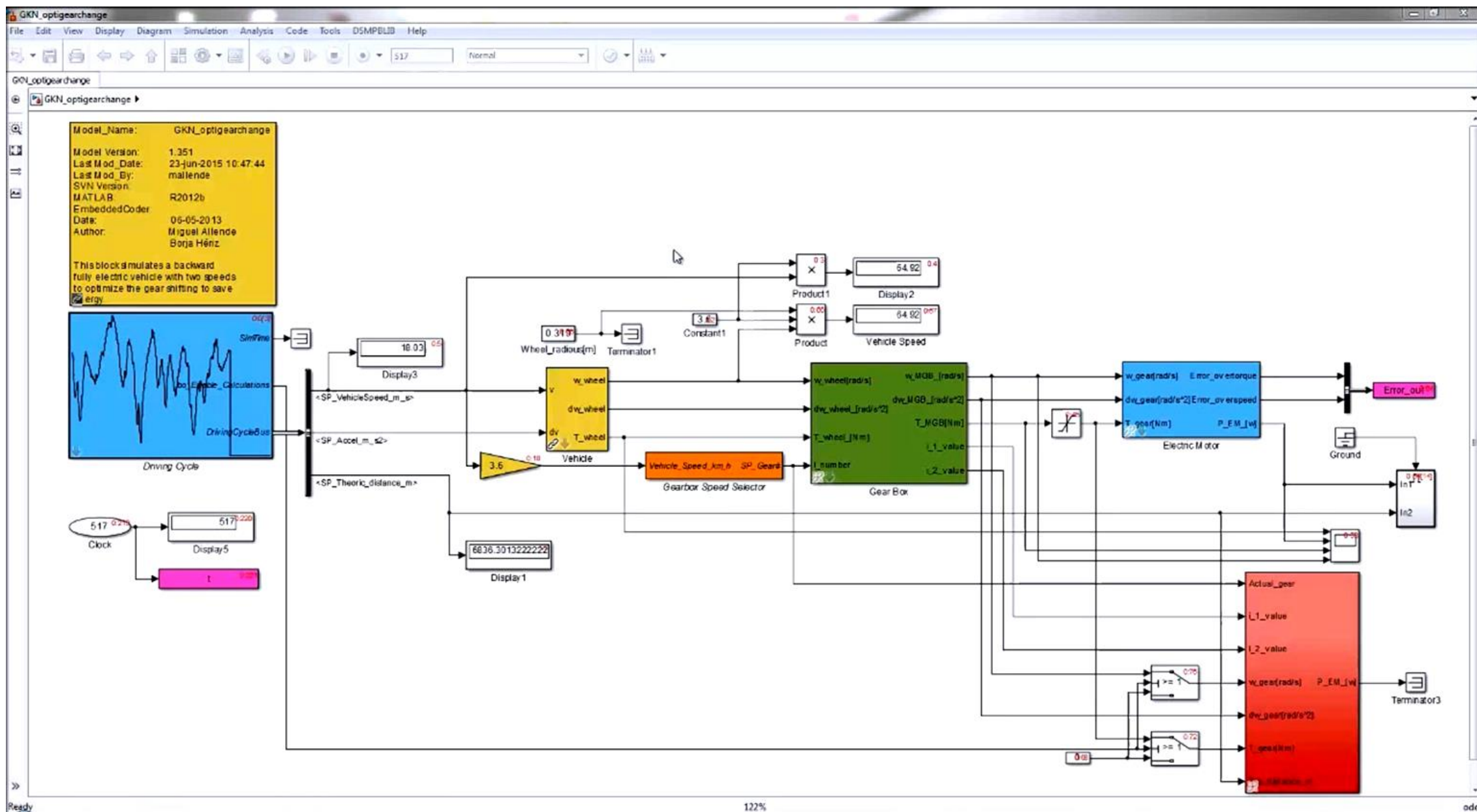
This block simulates a backward fully electric vehicle with two speeds to optimize the gear shifting to save energy.



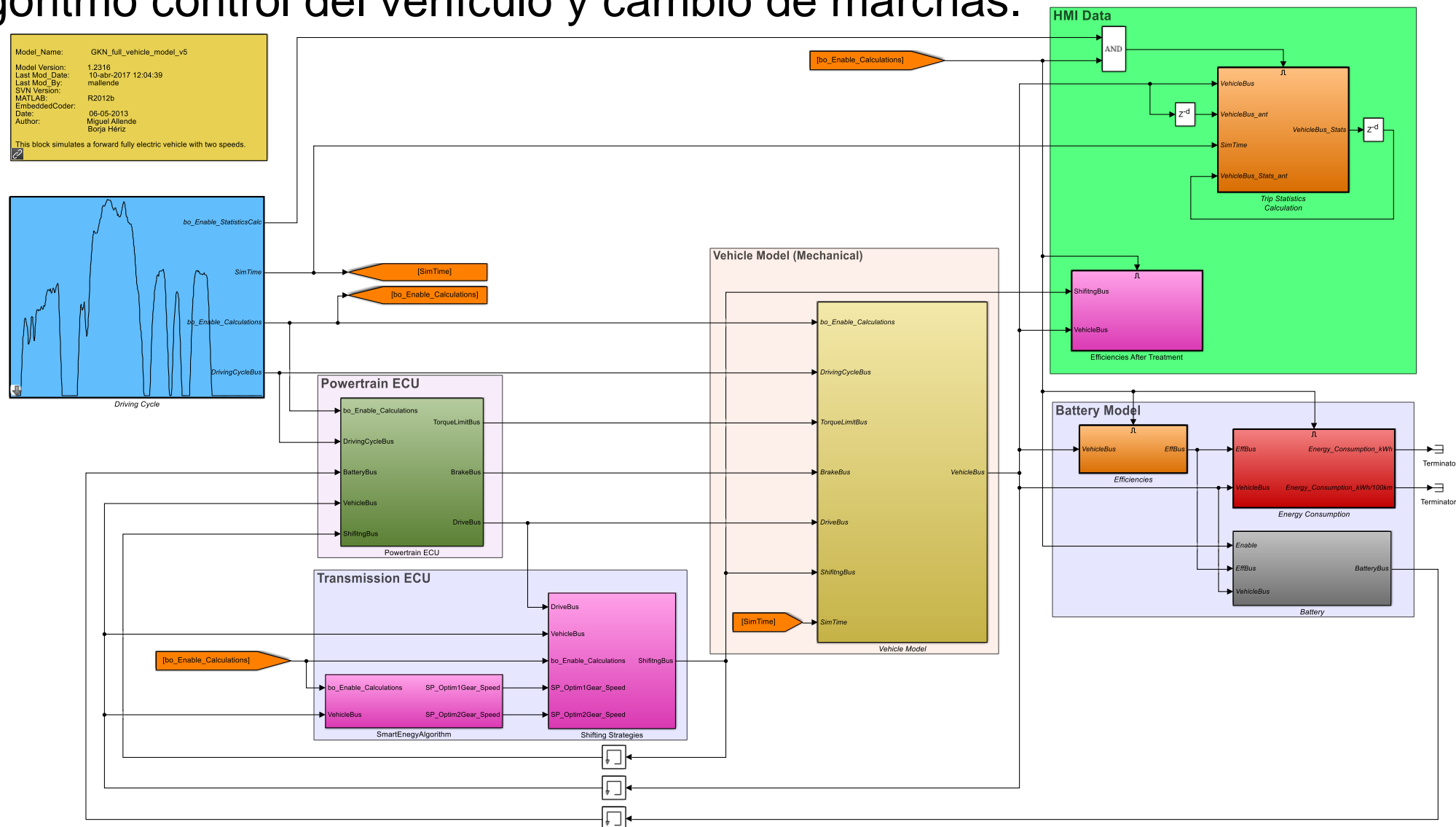
- Algoritmo selección de marchas.
- Modelado básico de vehículo y algoritmos de minimización.



Pruebas MIL



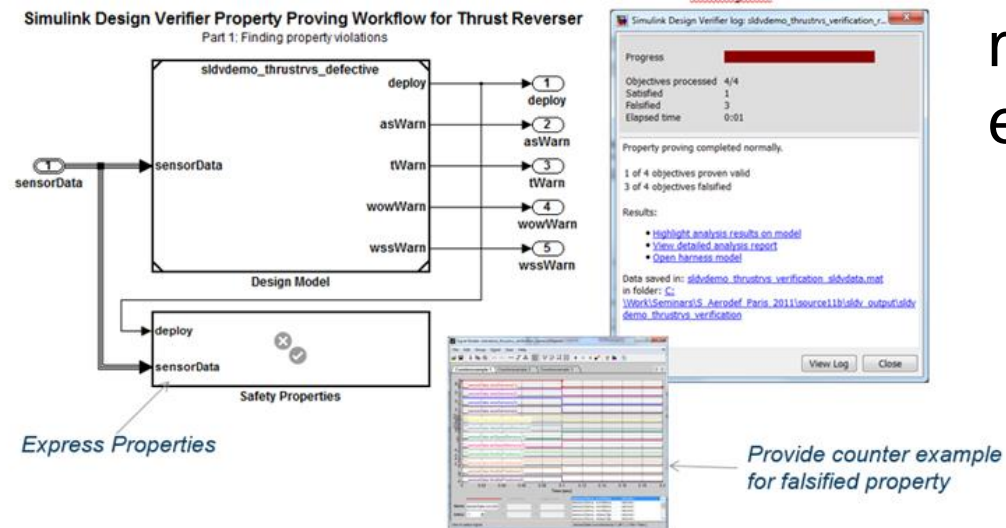
- Algoritmo control del vehículo y cambio de marchas.



Pruebas MIL

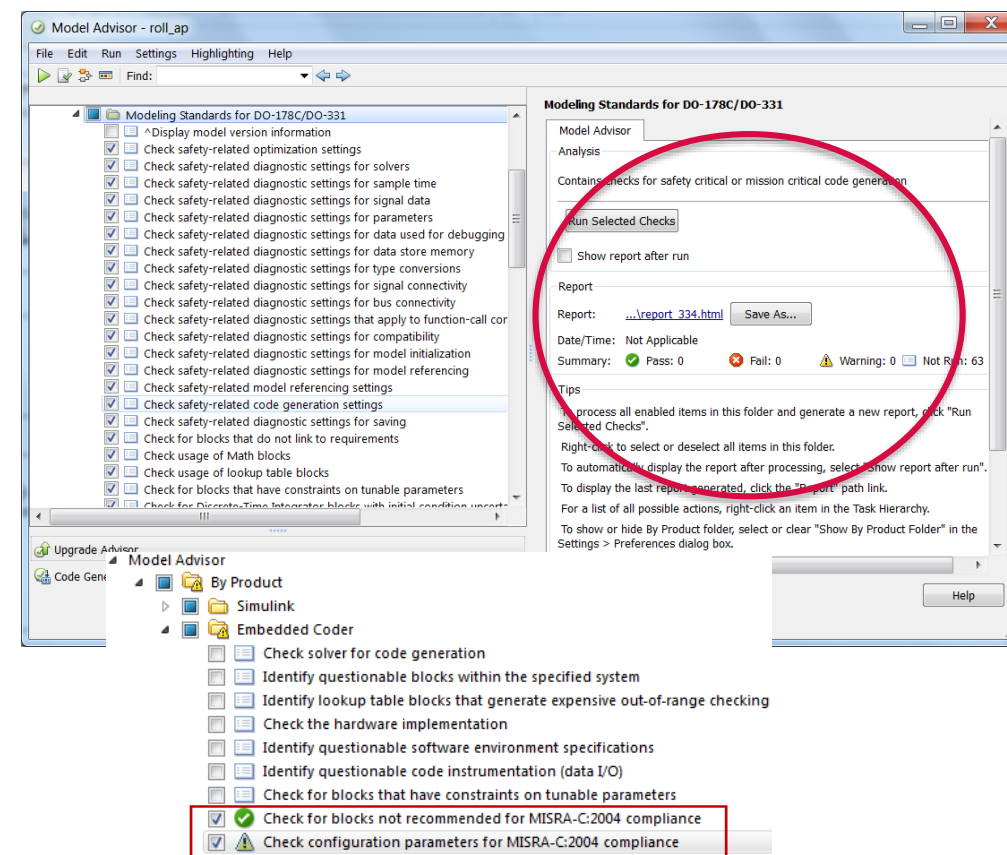
Pruebas Model In the Loop

Prove Property



Simulink Design Verifier: utiliza métodos formales para identificar errores de diseño difíciles de encontrar.

Simulink Model Advisor: permite verificar de forma automática si el diseño del modelo cumple las buenas prácticas MAAB para el diseño de modelos de control



Pruebas MIL

Bloques de control en Simulink

Software control de válvulas, bomba hidráulica y park-lock.



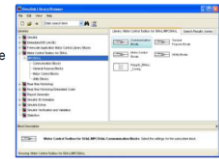
Software control del vehículo.



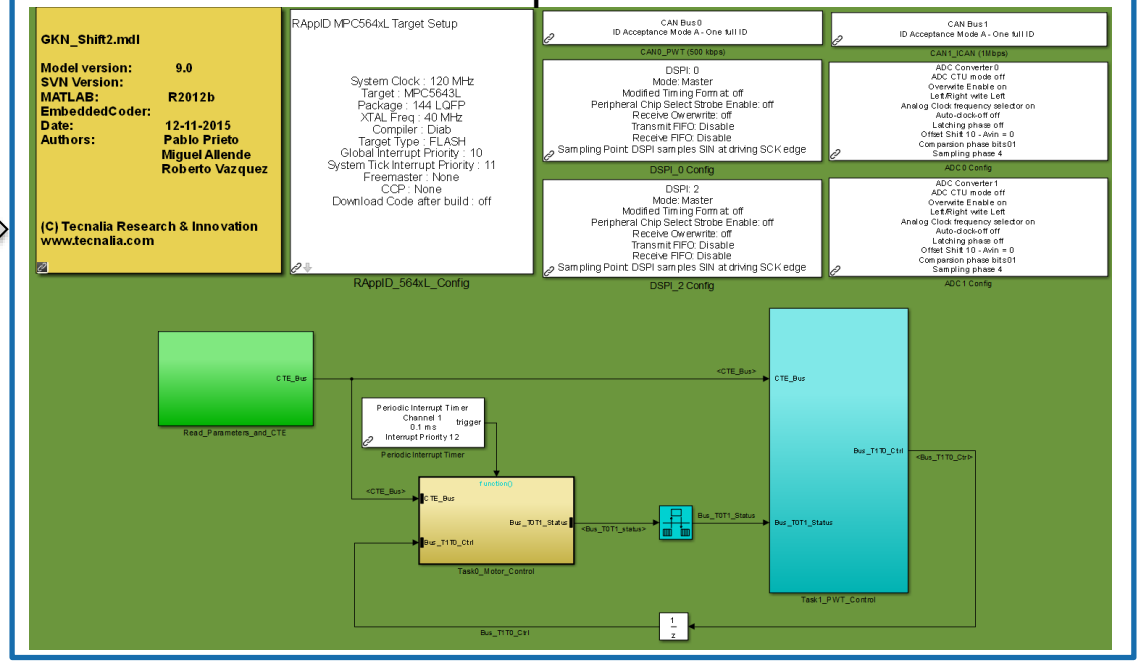
Software detección de ciclos y estilo de conducción.

Drivers del microprocesador en entorno Simulink

Peripherals	Configuration/Modes	Utility
<ul style="list-style-type: none"> General ADC conversion Digital I/O PIT timer ISR Communication Interface CAN driver SPI driver Motor Control Interface Cross triggering unit PWM eTimer block(s) Sine wave generation MCU Option Multiple packages Multiple clock frequencies 	<ul style="list-style-type: none"> Compiler Options Available CodeWarrior Wind River DIAB Green Hills RAM/FLASH targets Simulation Modes Normal Accelerator Software in the Loop (SIL) Processor in the Loop (PIL) MCUs Supported MPC564xL MPC567xK MPC574xP PXS20/PXS30 	<ul style="list-style-type: none"> FreeMASTER Interface Data acquisition Calibration Customize GUI Profiler Function Exec. time measurement Available in PIL Available in standalone



Algoritmos de control del sistema en Simulink y con Drivers del microprocesador seleccionado



Generación automática de código

```

1000 if (a == b) {
1001     a = b;
1002 }
1003 else {
1004     a = a + b;
1005 }
1006 }
1007 }
1008 }
1009 }
1010 }
1011 }
1012 }
1013 }
1014 }
1015 }
1016 }
1017 }
1018 }
1019 }
1020 }
1021 }
1022 }
1023 }
1024 }
1025 }
1026 }
1027 }
1028 }
1029 }
1030 }
1031 }
1032 }
1033 }
1034 }
1035 }
1036 }
1037 }
1038 }
1039 }
1040 }
1041 }
1042 }
1043 }
1044 }
1045 }
1046 }
1047 }
1048 }
1049 }
1050 }
1051 }
1052 }
1053 }
1054 }
1055 }
1056 }
1057 }
1058 }
1059 }
1060 }
1061 }
1062 }
1063 }
1064 }
1065 }
1066 }
1067 }
1068 }
1069 }
1070 }
1071 }
1072 }
1073 }
1074 }
1075 }
1076 }
1077 }
1078 }
1079 }
1080 }
1081 }
1082 }
1083 }
1084 }
1085 }
1086 }
1087 }
1088 }
1089 }
1090 }
1091 }
1092 }
1093 }
1094 }
1095 }
1096 }
1097 }
1098 }
1099 }
1100 }
1101 }
1102 }
1103 }
1104 }
1105 }
1106 }
1107 }
1108 }
1109 }
1110 }
1111 }
1112 }
1113 }
1114 }
1115 }
1116 }
1117 }
1118 }
1119 }
1120 }
1121 }
1122 }
1123 }
1124 }
1125 }
1126 }
1127 }
1128 }
1129 }
1130 }
1131 }
1132 }
1133 }
1134 }
1135 }
1136 }
1137 }
1138 }
1139 }
1140 }
1141 }
1142 }
1143 }
1144 }
1145 }
1146 }
1147 }
1148 }
1149 }
1150 }
1151 }
1152 }
1153 }
1154 }
1155 }
1156 }
1157 }
1158 }
1159 }
1160 }
1161 }
1162 }
1163 }
1164 }
1165 }
1166 }
1167 }
1168 }
1169 }
1170 }
1171 }
1172 }
1173 }
1174 }
1175 }
1176 }
1177 }
1178 }
1179 }
1180 }
1181 }
1182 }
1183 }
1184 }
1185 }
1186 }
1187 }
1188 }
1189 }
1190 }
1191 }
1192 }
1193 }
1194 }
1195 }
1196 }
1197 }
1198 }
1199 }
1200 }
    
```

Compilación



```

7E 45 4C 46 01 02 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 02 00 14 00 00 00 01 00 00 30 04 00 00 00 34
00 03 84 74 80 00 00 00 00 34 00 20 00 08 00 28
00 1F 00 1D 00 00 00 01 00 09 01 40 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 08 00 00 00 08 00 00 00 04
00 00 00 01 00 00 00 01 00 00 01 48 00 0F 00 00
00 00 00 00 00 00 14 34 00 00 14 34 00 00 00 04
00 00 00 01 00 00 00 01 00 00 15 7C 00 00 20 00
00 00 00 00 00 00 04 00 00 00 04 00 00 00 06
00 00 00 01 00 00 00 01 00 00 19 7C 00 00 30 00
    
```


Modelado de Plantas
en Simulink

Modelado de
planta eléctrica

Modelado de motor
e inversor

Modelado de
Vehículo

Modelado sistema
hidráulico

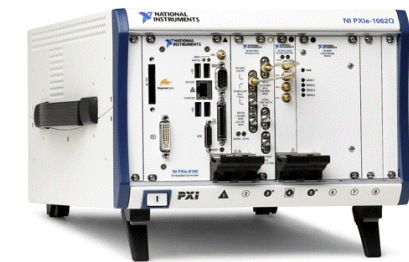
Modelado ECU
freno, acelerador

Generación
automática
de código

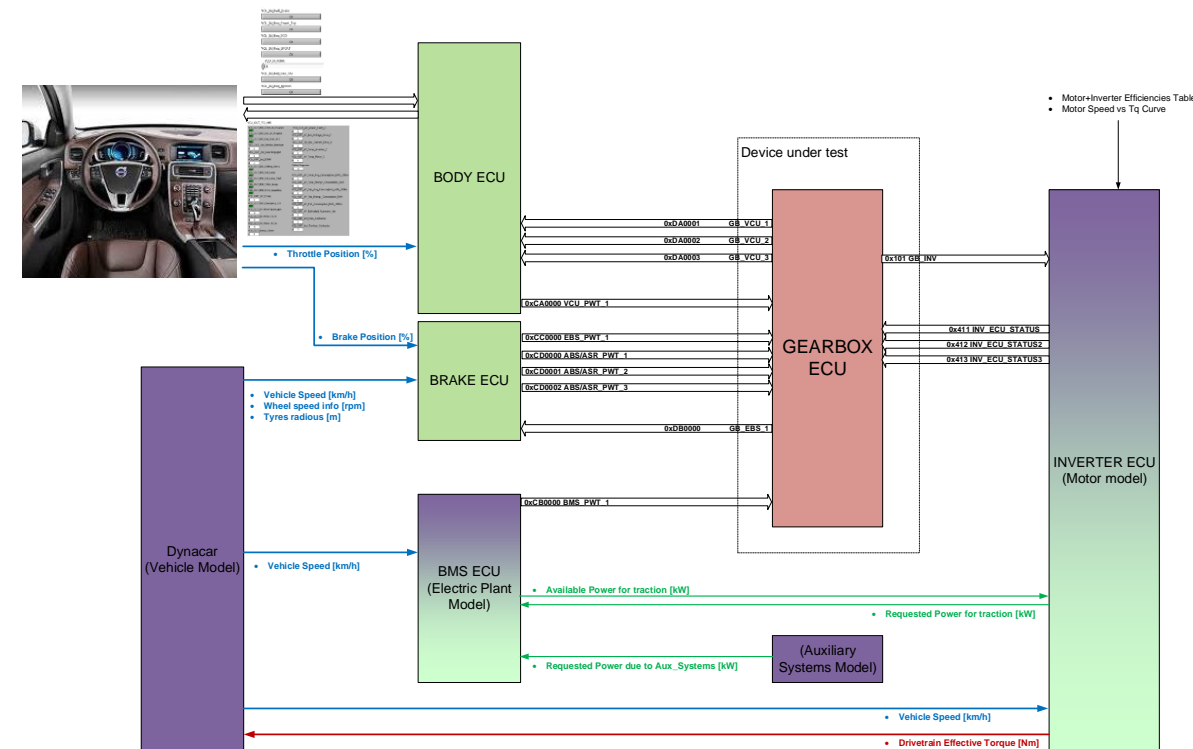
Compilación de los
modelos a .DLL

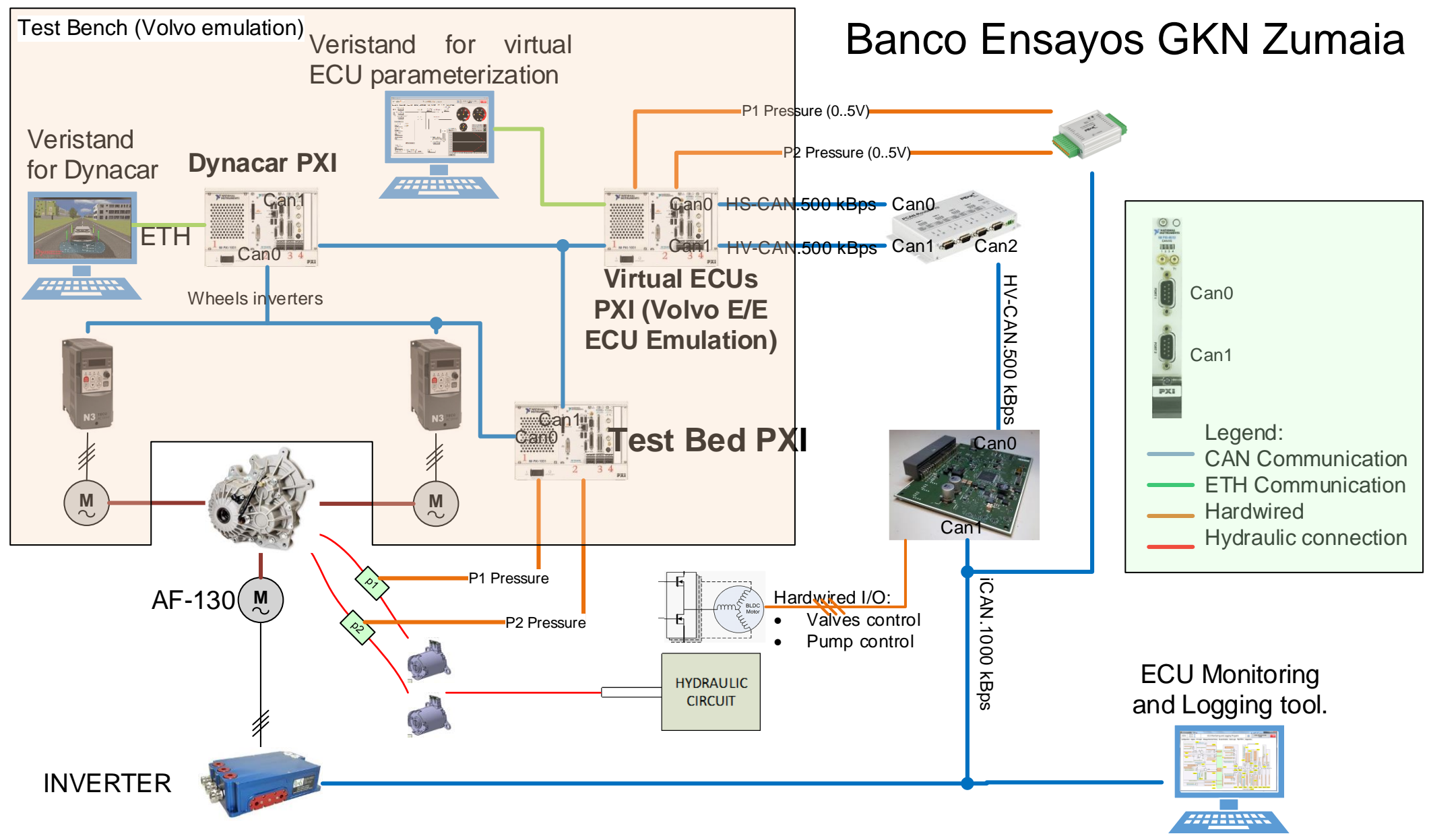


Modelos en un
sistema de tiempo
real

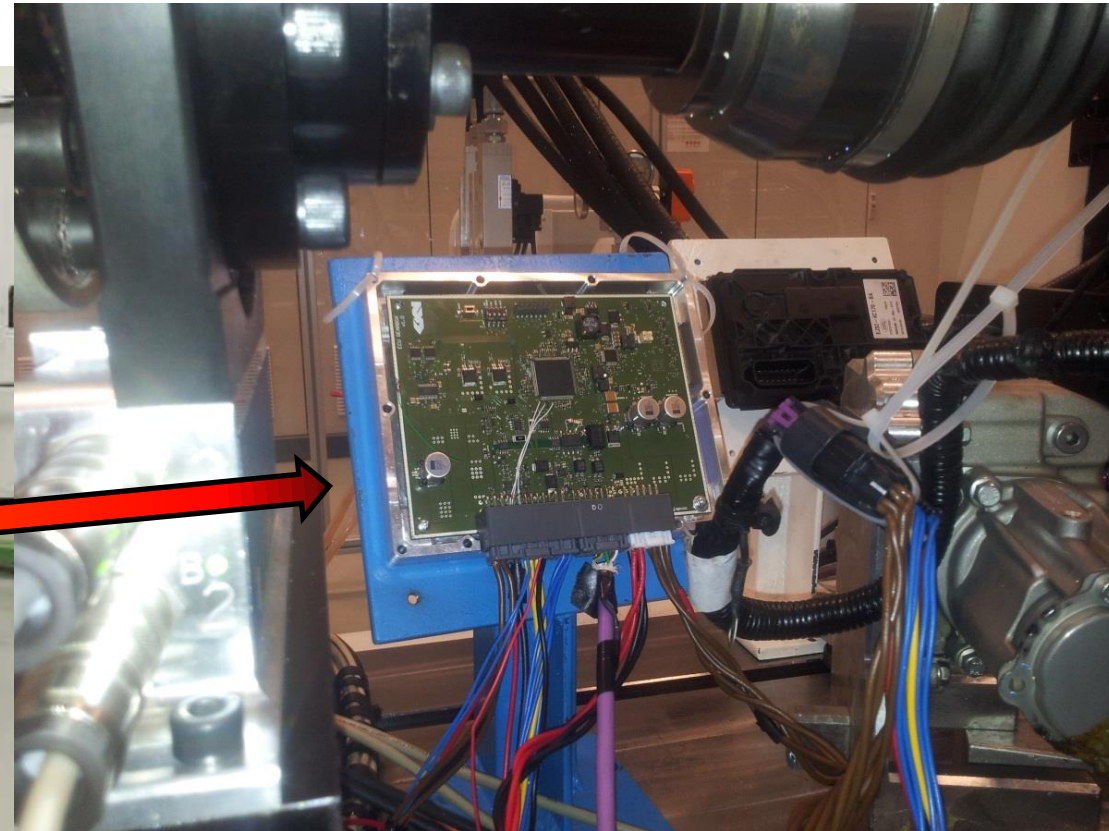


- Los modelos se compilan a plataformas de tiempo real, generando ECUs virtuales de cada componente:
 - ECU Inversor (modelo de motor e inversor).
 - ECU Freno (modelo del freno eléctrico con ABS y ESP).
 - ECU sistemas auxiliares.
 - ECU cluster.
 - Las ECUS leen/escriben mensajes CAN reales en el bus CAN.
 - Todas las ECUs permiten simular fallos para verificar la conformidad del software.

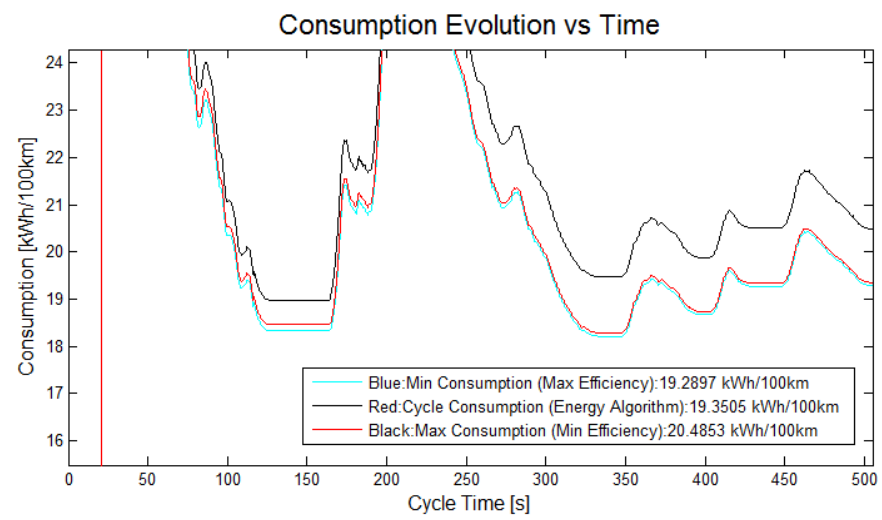
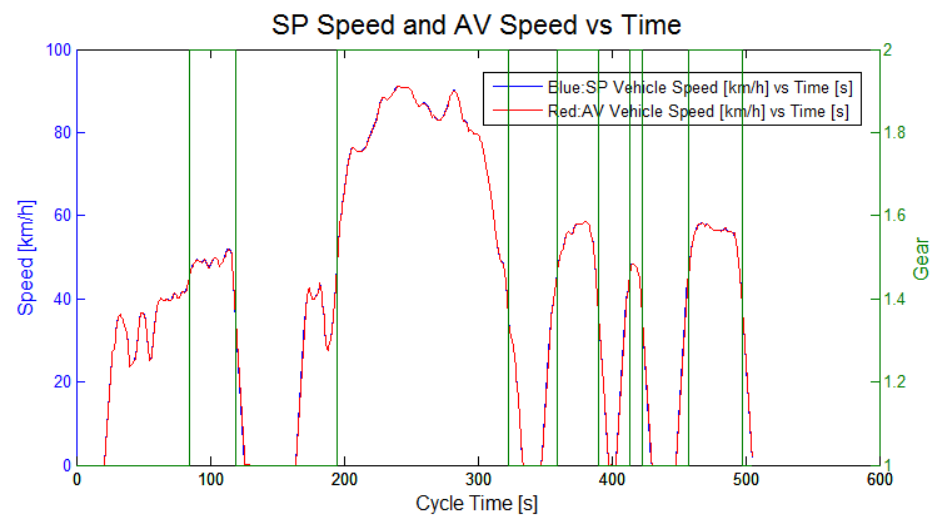
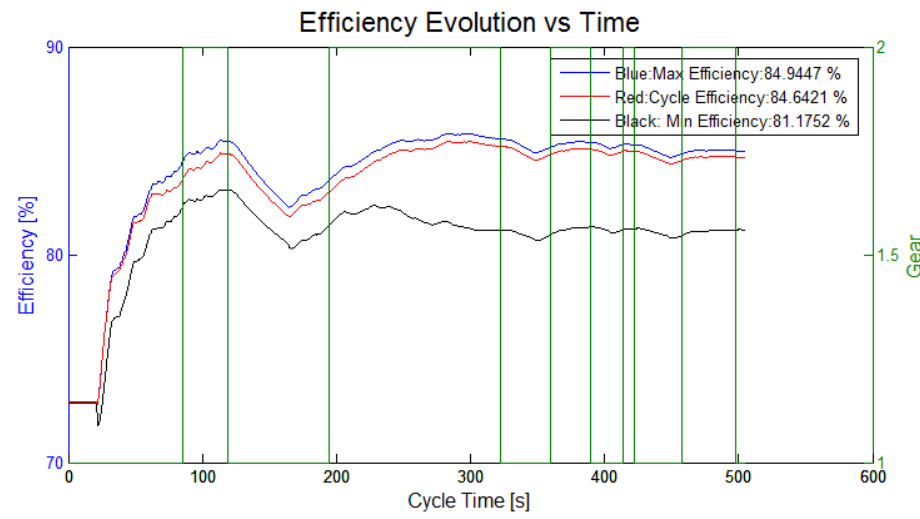
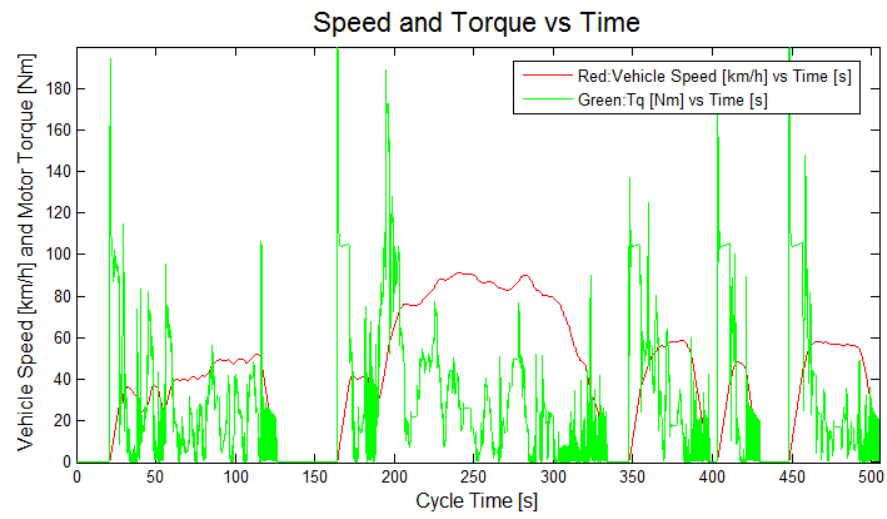




- Ensayos en banco de pruebas de GKN Driveline Zumaia.
- Sistema de control instalado en centralita y con vehículo simulado.



- Resultados satisfactorios durante pruebas HIL.



- Integración

GKN Drive
Montaje electrónico, eléctrico, mecánico y auxiliares



Tecnalia
Montaje electrónico, eléctrico, y comunicaciones

Dos semanas de pruebas en circuito.

1. Pruebas en pista en condiciones normales (circuito de Navarra, Los Arcos).
 - Test de comportamiento dinámico del vehículo.
 - Test de cambio de marchas y sincronismo.
 - Test de sistemas de seguridad (ABS, ESP, control de tracción).
 - Test de sistemas de información al conductor.
 - Test de velocidad máxima.
2. Pruebas en pista en condiciones extremas. Ensayos de invierno utilizando instalaciones de GKN Driveline (Arjeplog, Suecia).
 - Test de comportamiento dinámico del vehículo con nieve.
 - Test de situaciones extremas de pérdida de tracción.

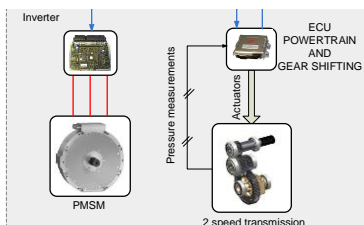


Retos y necesidades sector automoción

Presentación Tecnalia



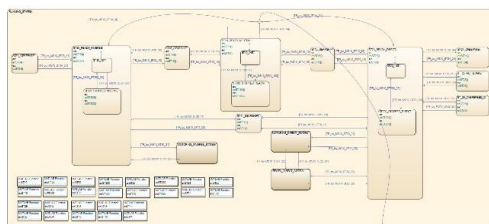
Objetivos y retos del proyecto



MathWorks como solución



Desarrollo del proyecto



Conclusiones



- La metodología y herramientas empleadas ha permitido a  Inspiring Business

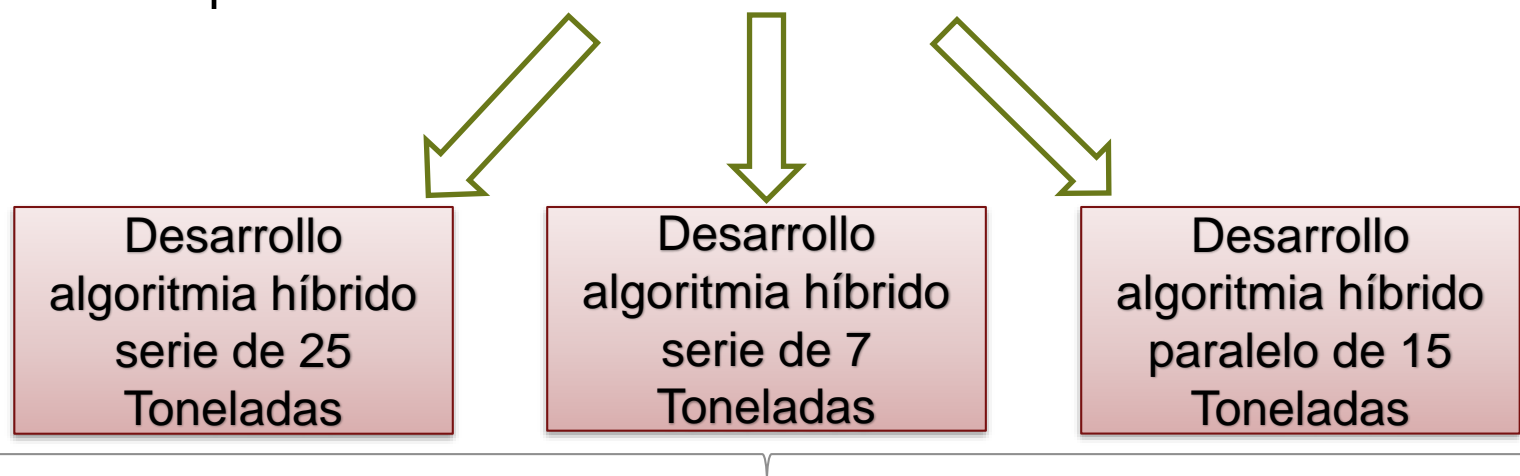
Para este
proyecto



- Disminuir los tiempos de desarrollo y validación del proyecto presentado en un 25%.
- Garantizar el cumplimiento de las funcionalidades con un reducido tiempo de pruebas en vehículo y en bancada.
- Trazar los requisitos y el software desarrollado para una futura certificación.
- Desarrollar software en base a las normativas de automoción.
- Repartir el desarrollo de software en diferentes personas en función de la complejidad y experiencia.

- La metodología y herramientas empleadas ha permitido a **tecnalia**
 - Establecer a MathWorks como proveedor de herramientas estándar de desarrollo software.
 - Reducción de los tiempos de desarrollo debido a la reusabilidad del código.
 - Generar librerías de modelos de vehículo y ECUS.
 - Generar un bloque software “Powertrain Universal” validado, independiente de hardware.

Para futuros proyectos →



Proyectos actuales de Tecnalia basados en plataforma genérica

- El proyecto ha permitido a  GKN DRIVELINE
- Aumentar la lista de productos de GKN Driveline para vehículos eléctricos e híbridos con esta solución.
- Posicionarse en el sector como fabricante de soluciones de los nuevos sistemas de propulsión.
- Mejorar los bancos de ensayo y validación de componentes eléctricos.