



Interoperabilidad de objetos en el marco de Internet de las Cosas mediante el uso de Ingeniería Dirigida por Modelos



Universidad de Oviedo

Tesis Doctoral
Mención Internacional

Doctorando:
Cristian González García

Directores:
Dr. Juan Manuel Cueva Lovelle
Dra. B. Cristina Pelayo García-Bustelo

Índice de contenidos

- **Bloque I** – Planteamiento del problema
- **Bloque II** – Marco teórico
- **Bloque III** – Solución general
- **Bloque IV** – Prototipos desarrollados
- **Bloque V** – Conclusiones y trabajo futuro
- **Referencias**

«Un aspecto de hacer ciencia consiste en elegir la línea divisoria entre lo relevante y lo irrelevante»
Edsger. W. Dijkstra y Carel S. Scholten

Block I – Approach of the problem

Motivation

Which problems are we trying to solve?

Hypothesis

Objectives

«El que sube una escalera debe empezar
por el primer peldaño»

Sir Walter Scott

Motivation

Motivation

- The great majority of the interaction done in the Internet is Human-to-Human (H2H)
- In the future, we will have more connected objects than people [1]
- **The Internet of Things**
 - Heterogeneous and ubiquitous objects interconnected and communicating amongst themselves through the Internet [2]
 - 3 things are necessary: integrated intelligence in objects, the connectivity of the object with the Internet, and the interaction amongst the objects themselves

«Si al franquear una montaña en la dirección de una estrella, el viajero se deja absorber demasiado por los problemas de la escalada, se arriesga a olvidar cual es la estrella que lo guía»

Antoine de Saint-Exupéry

Which problems are we trying to solve?

Which problems are we trying to solve?

○ Interconnection of heterogeneous objects

- Heterogeneity of objects
- A lot of different implementations
- Different manufacturers
- Lack of common interfaces [3]



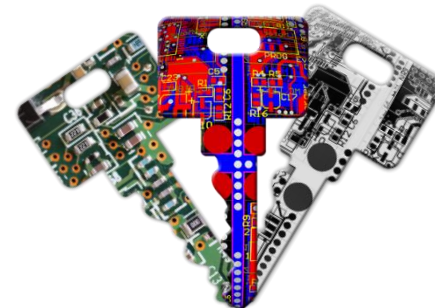
○ Development of applications to interconnect objects by inexperienced people

- Necessity of specific knowledge
- Connecting all objects of the World



○ Security in the IoT

- Any device can gather information
- Sensitive data of daily life
- More dangerous attacks
- Lack of agreement



«Si supiéramos lo que estamos haciendo,
no sería investigación»
Albert Einstein

Hypothesis

Research questions

Hypothesis

Research questions

- Could it be created a system that allows the **interconnection of heterogeneous and ubiquitous objects**?
 - **An IoT network** for heterogeneous devices
- Could it be used MDE to create a Domain-Specific Language that allows to **create and interconnect heterogeneous and ubiquitous objects**?
 - **DSLs** contribute to abstraction and facility of use
- Could it be **more secure the communication** amongst objects to maintain the users' privacy?
 - Sending **secure messages**

Hypothesis

Applying the Model-Driven Engineering to achieve the creation of interaction human-to-machine and machine-to-machine in an easy and quick way by the automation or semiautomation of different processes to develop the applications in a nimble way and reduce the mistakes and costs in the Internet of Things scenarios, at the same time that the user privacy is maintained.

«Caminante no hay camino, se hace camino al
andan»
Antonio Machado en «Campos de Castilla»

Objectives

General Objective

Partial Objectives

Objectives

To develop a research in the Internet of Things scenario together with the use of Model-Driven Engineering to enable users without knowledge of software development to build applications for the Internet of Things in an easy, nimble, and secure way.

1. **Designing Smart Objects**

- Allowing users without knowledge of software development to create Smart Objects

2. **Security and privacy**

- Making a study about the current security
- Creating a reliable, secure, and transparent system for users

3. **Servant objects**

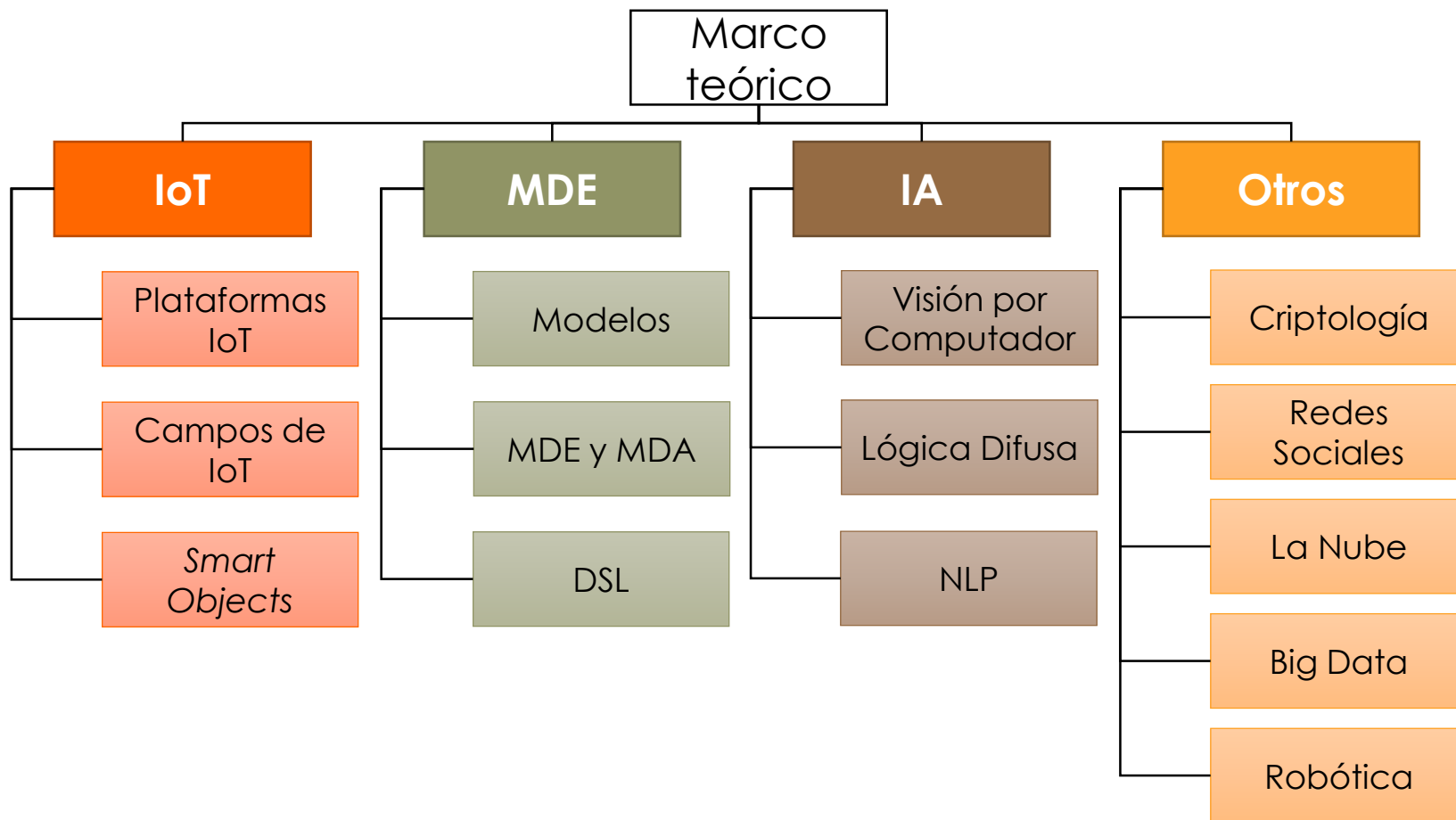
- More intelligent objects like robots
- Appears the necessity of managing and configuring robots

«Si conoces a los demás y te conoces a ti mismo, ni en cien batallas correrás peligro;
si no conoces a los demás, pero te conoces a ti mismo, perderás una batalla y
ganarás otra;
si no conoces a los demás ni te conoces a ti mismo, correrás peligro en cada batalla»
Sun Tzu, El arte de la guerra, capítulo 3

Bloque II – Marco teórico

Marco teórico general
Internet de las Cosas

Marco teórico general



«Internet de las Cosas tiene el potencial de cambiar el mundo,
al igual que lo hizo Internet»
Kevin Ashton

Internet de las Cosas

¿Qué es?

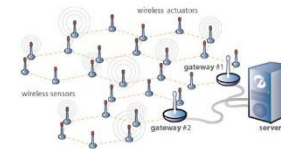
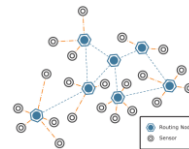
¿Es importante?

Campos de IoT

¿Qué es?

- Internet de las Cosas (IoT) es la **interconexión de objetos heterogéneos y ubicuos** a través de **Internet**
- IoT abarca un **conjunto de tecnologías** que buscan permitir la interconexión e interoperabilidad

- Gartner [4]



- Más del 50% de las conexiones** en Internet son de **objetos**
 - IoT es una de las **10 tecnologías más de moda** en el año **2013**

¿Es importante?

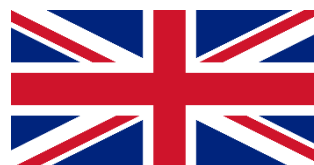
- Organización de las Naciones Unidas [1]
 - Predice una **era de ubicuidad**
 - **Más tráfico de objetos que de personas**
- Consejo Nacional de Inteligencia de EEUU [5]
 - Entre las **6 tecnologías con mayor impacto** en los intereses de EEUU **hasta 2025**
- Reino Unido [6]
 - Entre las **8 grandes tecnologías** que lo podrán propulsar
 - **Segunda revolución** digital [7]
 - 5 millones de libras [8]
- China: 800 millones de dólares [8]
- Japón: u-Japan [9] e i-Japan



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:UN_emblem_gold.svg?uselang=de



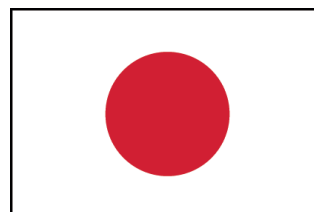
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Logo_of_the_National_Intelligence_Council.gif



https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Flag_of_the_United_Kingdom.svg



https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Flag_of_China.svg



https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Flag_of_Japan.svg



Deepwater Horizon (2010)

- Deepwater Horizon, 2010, Golfo de México [10]
 - Controlar el vertido del petróleo
 - Analizar el grado de **toxicidad**

- Prever: monitoreo ambiental [10]
 - Sensores de gas, temperatura,...
 - Automatización de sistemas**



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Deepwater_Horizon_offshore_drilling_unit_on_fire.jpg

<https://sites.suffolk.edu/jstraka/category/fukushima-daiichi-nuclear-disaster/>

- Otros ejemplos
 - Fukushima I
 - Chernóbil



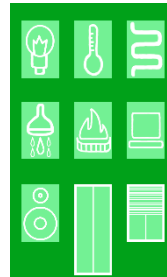
<https://blogpastblog.wordpress.com/2014/04/26/>

«Lo poco que sé se lo debo a mi
ignorancia»
Platón

Campos de IoT

Smart Homes
Industrial IoT
Smart Towns
Smart Cities
Smart Earth

Smart Homes



https://en.wikipedia.org/wiki/File:SydneyUniversity_MainBuilding_Panorama.jpg

○ Automatización

- Abrir y cerrar puertas / persianas
- Encender y apagar luces, calefacción, riego, ...

○ Neveras inteligentes

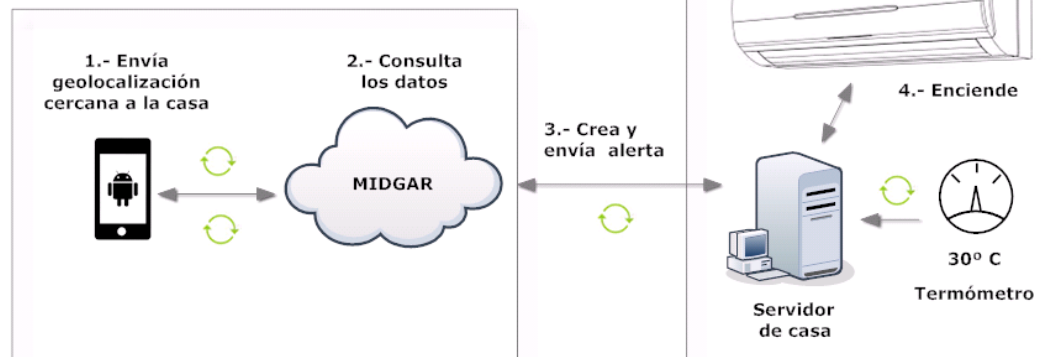
- Enfermedades, hábitos, dietas, ...

○ Ahorro de energía y dinero

○ Gente con discapacidades

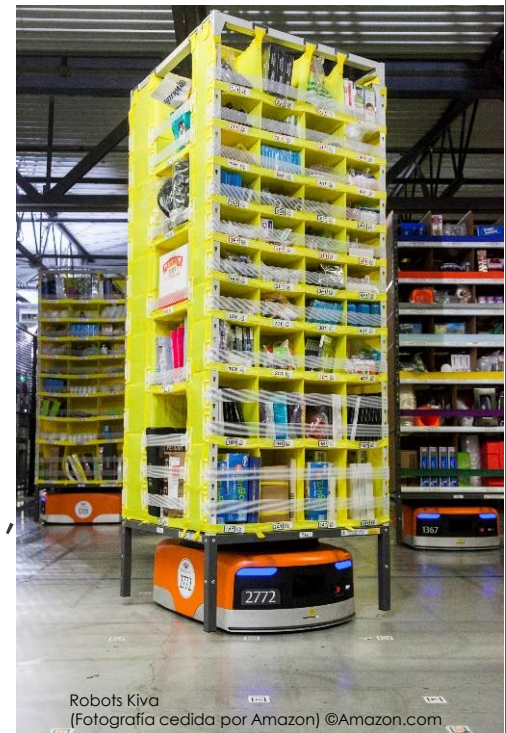


<http://pixabay.com/en/refrigerator-fridge-cooling-cold-158634/>



Industrial Internet of Things - Industria 4.0

- **Surgimiento de IoT** por Kevin Ashton para P&G [11]
- **Cadenas de suministro**
 - Transformar los sistemas de **transporte y manufacturación**
 - Eficiencia, ahorro de costes, reducción del tiempo, monitorización, antirrobo e información extra
- Agricultura, industria alimenticia, farmacéutica, **minera**, médica y logística, bomberos, ...
- **Automatización**
 - Cosechas, tráfico, transporte, gases, ...
- **Transporte y tráfico**
 - BMW, Volvo, Ford, Newcastle, ...



Robots Kiva
(Fotografía cedida por Amazon) ©Amazon.com

Smart Towns



- Representarán el **34%** del mundo en **2050**
- Proteger y preservar su **cultura** y herencia
 - Monumentos, paisajes, vistas, folklore, tradición, ...
 - Para cuidar y no olvidar su **pasado** [12]
- **Habitabilidad**
 - Para vivir en el **presente**
- **Sostenibilidad**
 - Para sobrevivir en el **futuro**

Smart Cities

- **Habitabilidad diaria**

- Nuevos servicios conectando objetos
- **Automatización** de tareas
 - Luces, vigilancia, mantenimiento, transporte, ...

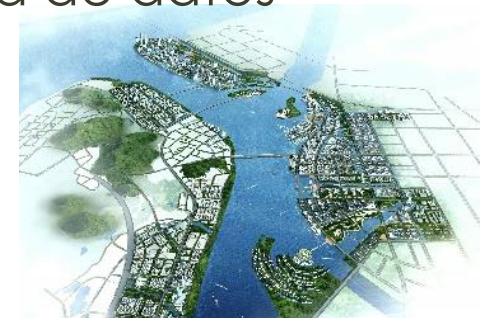
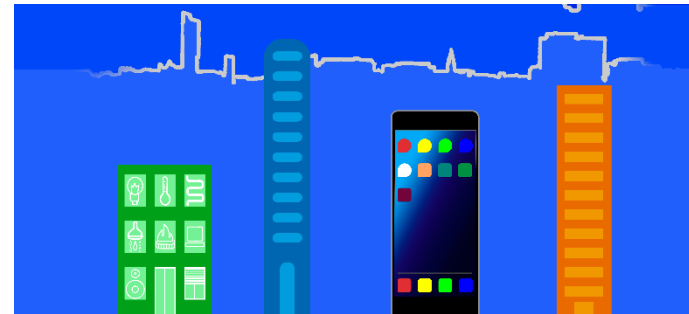
- Trabajo relacionado

- Toma de decisiones autónoma, **reducción de costes**
- Medio ambiente: ruido, basura, **CO₂**, ...
- Transporte, gasto energético, **industria**, e-commerce, ...

- Arquitectura y gestión de gran cantidad de datos

- **Rankings** [13] y [14]

- Economía, transparencia, movilidad, educación, productividad, entretenimiento, ...



Smart Earth



- **Digital Earth + IoT [15]**

- *'A new era of technological innovation to capture, store, process, and display information about our planet' – Al Gore*

- Informática + Imágenes + Internet + Metadatos

- **Comunicarnos con la Tierra**

- Bosques, lagos, etc.

- Túneles, puentes, edificios, presas, carreteras, ...

- **Prever desastres**

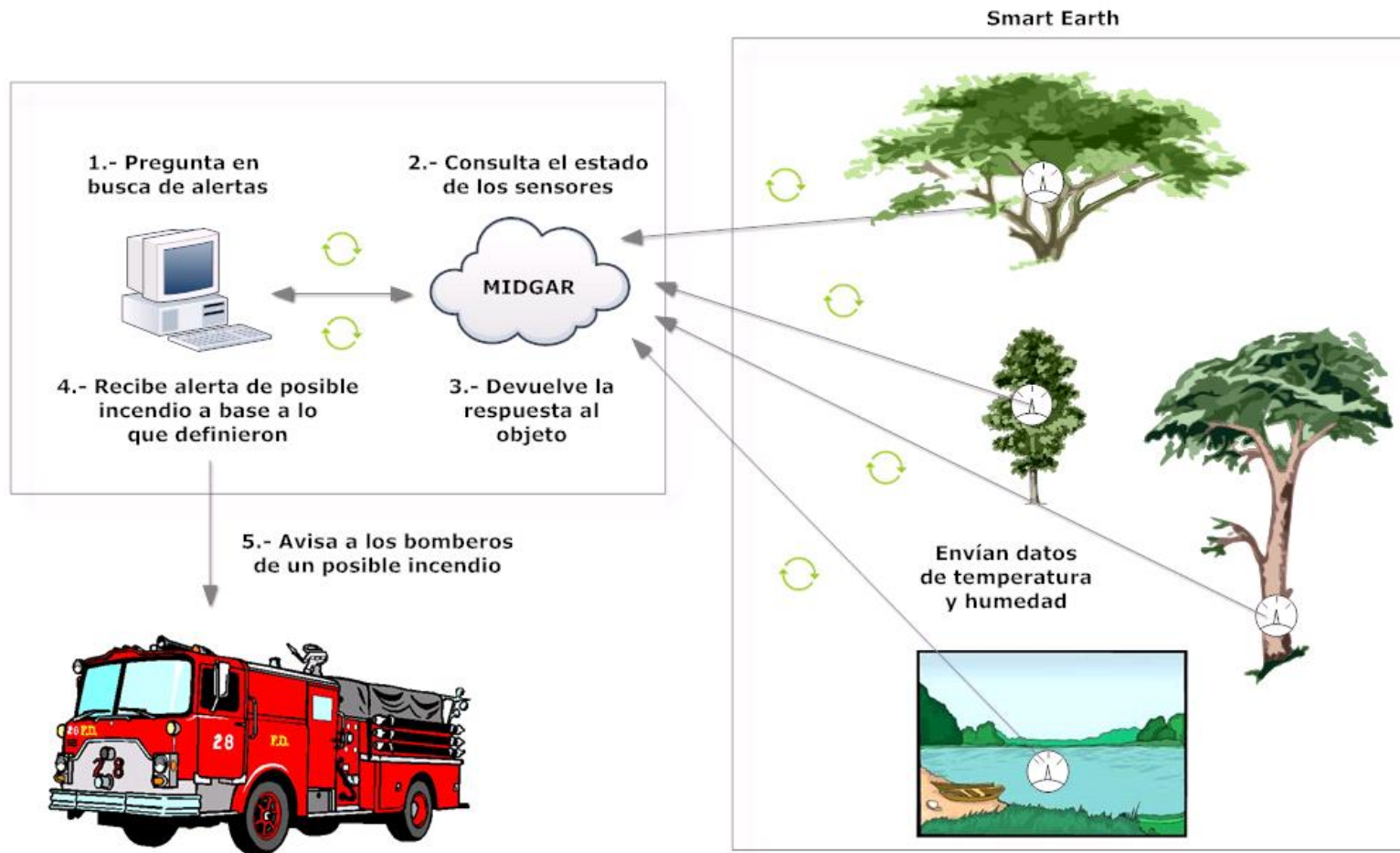
- Deepwater Horizon, Fukushima I, Chernobyl

- Biodiversidad, productividad agrícola, tifones, tsunamis, terremotos, infraestructuras, accidentes de tráfico, ...

- **Anticipar problemas**

- Cambio climático, oceanografía operacional, crimen, diplomacia, ...

Ejemplo de Smart Earth Bosque Inteligente



«No hay problemas, solo soluciones»

Anónimo

Bloque III – Solución general

Solución general

- **Plataforma central de hardware y software**
 - Centro neurálgico
 - Plataforma independiente
 - Puede crear el software
- **Generador de aplicaciones para Internet de las Cosas**
 - Nivel de abstracción
 - Asequible para casi cualquier tipo de personas
- **Envío de datos seguros usando entornos inseguros**
 - Criptografía
 - Rendimiento

«No existe ninguna bala de plata»
Fred Brooks

Bloque IV – Prototipos desarrollados

Midgar
Midgar I
Midgar II
Canon
GNZL
Manchester
Michu

«Comenzar bien no es poco, pero
tampoco es mucho»
Sócrates

Prototipo I

Midgar – Plataforma hardware y software Midgar

Prototipo I – Plataformas de IoT existentes

- 4 grupos [16]

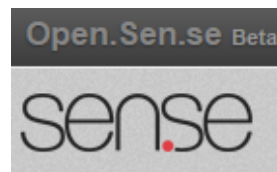
- Negocio



- Investigación



- Estado beta



- Código abierto

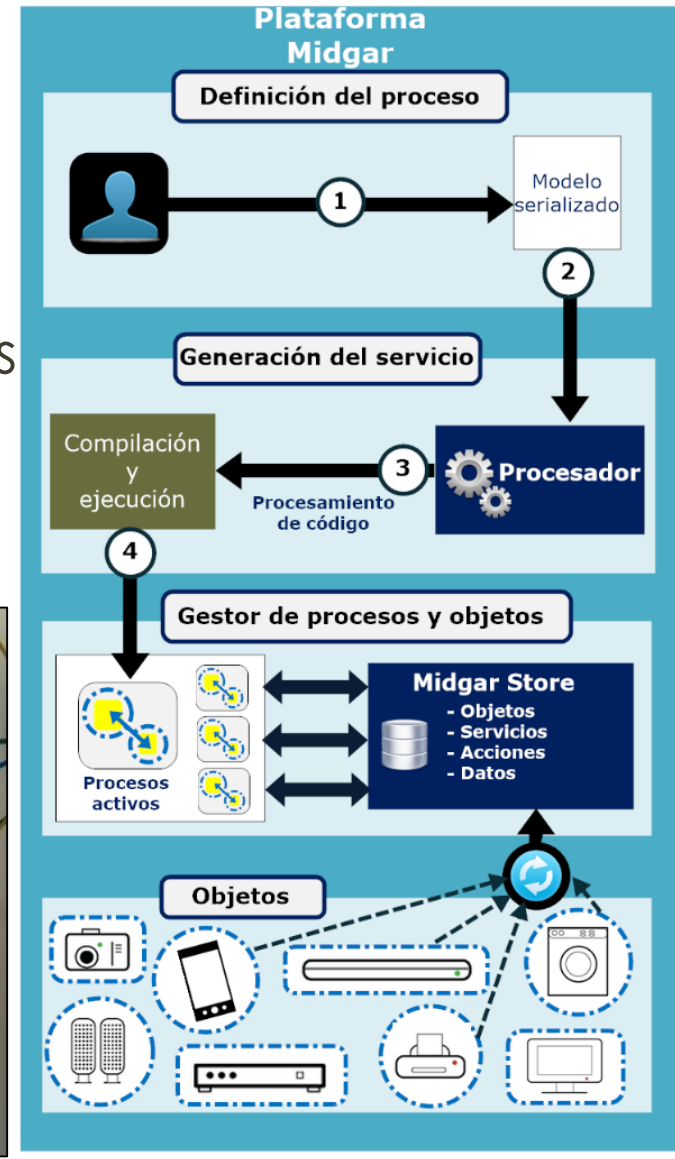
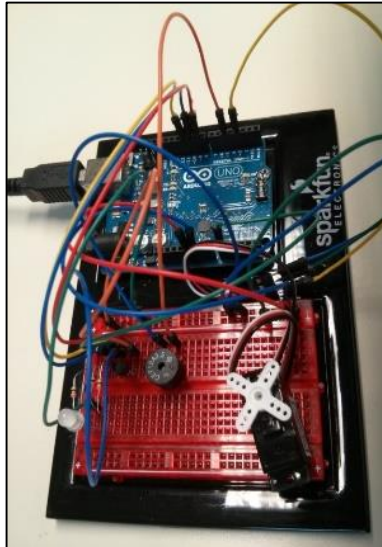
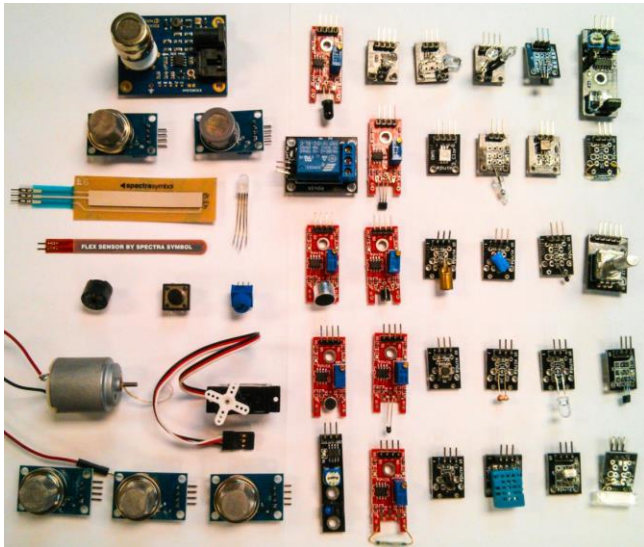


Prototipo I – Descripción

- Objetivos
 - **Plataforma web IoT Midgar**
 - **Es la base para implementar prototipos**
- Funcionalidades
 - Soporta un sistema de mensajes que permita la **comunicación con los objetos heterogéneos**
 - Tiene **inteligencia** para la toma de decisiones
 - Es capaz de **gestionar diferentes objetos**
 - Registro
 - Recepción de datos
 - Envío de decisiones y de datos

Prototipo I – Arquitectura

- Creación de Midgar
 - Permite interconectar objetos
 - Sistema de mensajes
 - Soporta DSLs



Prototipo I – *Smart Objects*

[17]

— Arduino Uno — Raspberry Pi — Smartphone — Cámara IP



Prototipo I – Conclusiones

- Objetivos
 - Plataforma web IoT Midgar
 - Es la base para implementar prototipos

- **Permite interconectar cualquier objeto** heterogéneo y ubicuo **si cumple los mensajes**
- Gestiona todos los datos de los objetos
- Soporta diferentes tipos de objetos

- Tiene **inteligencia**
 - Se fue ampliando en los diferentes prototipos

- MDE
 - Ampliable
 - Mantenable

«Uno no descubre nuevas tierras sin perder
de vista la costa»
Andre Gide

Prototipo II

Midgar I – Generación de aplicaciones para interconectar objetos heterogéneos y ubicuos utilizando un lenguaje de dominio específico

Prototipo II – Descripción

1. Diseño de objetos inteligentes

- Permitir a un usuario sin conocimientos en el desarrollo de software crear objetos inteligentes

Hipótesis: facilitar el desarrollo de aplicaciones que ofrezcan interconexión de objetos en el marco IoT de una forma rápida y sencilla mediante Ingeniería Dirigida por Modelos.

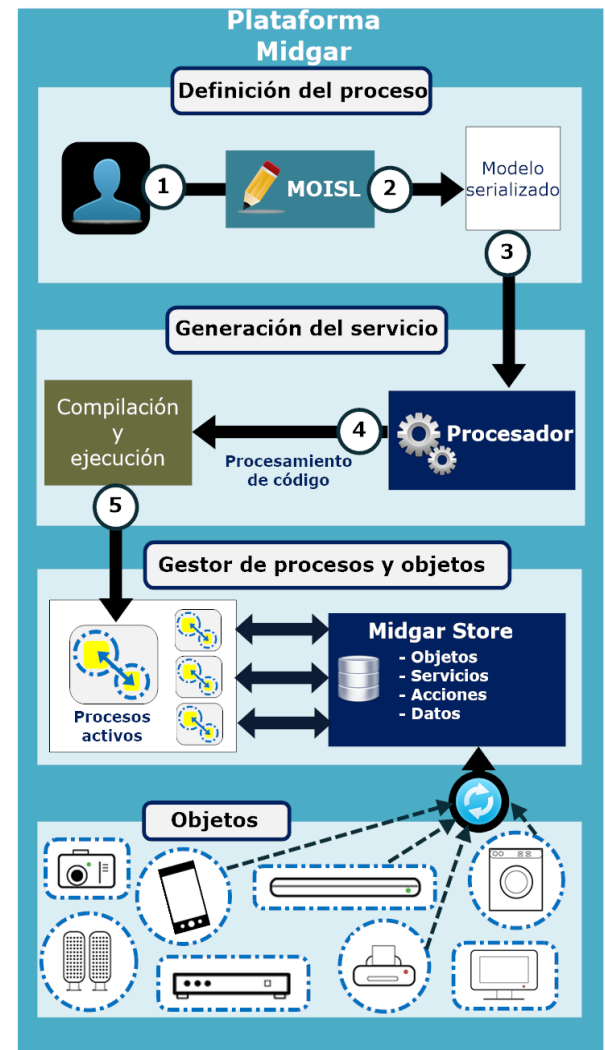
- Objetivos
 - **DSL para interconectar objetos**
 - Aplicar MDE para crear el DSL
 - Obtener una **alta abstracción**
 - Comunicar objetos heterogéneos y ubicuos

Prototipo II – Implementación

- Añade a Midgar el DSL MOISL
 - Interconectar objetos
 - Definir reglas de interconexión
 - Inserta reglas al demonio

The screenshot shows the Midgar web editor interface. At the top, the application name is 'Sitting Room Temperature', with configuration options for 'Time to start running (ms): 5000', 'Service life: true', and 'Infinite: [checked]'. The main workspace is divided into several sections:

- A**: Configuration fields for the service.
- B**: A toolbar with icons for 'If', 'For', 'While', 'Zz', 'Settings', and '</>', along with a 'Generar XML' button.
- C**: A text area displaying the generated XML DSL code for the service.
- D**: A visual flowchart showing a sequence of actions: 'Sitting Room > 25°C' (condition), 'Up power for each degree' (action), and 'Turning on fan' (action).
- E**: A configuration panel for an 'If' node, showing 'Node name: Sitting Room > 25°C', 'Data 1: 25', 'Object 1: [dropdown]', 'Service 1: [dropdown]', 'Condition: >', 'Data 2: serviceId:08002700FC83-0', 'Object 2: Arduino', and 'Service 2: Temperature Sensor'.

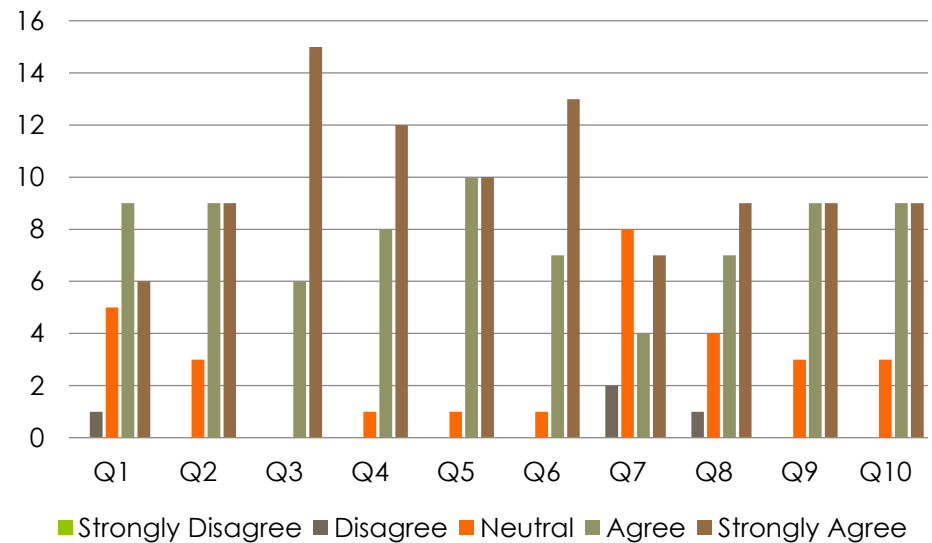
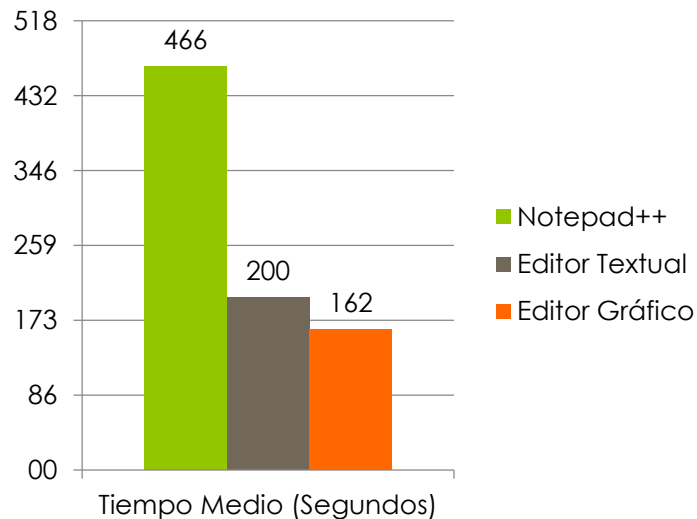


Prototipo II – Metodología

- Tareas
 - Toma de tiempos
 - Encuesta
 - Escala Likert de 5 puntos [18]
 - 10 declaraciones
- 21 participantes
 - Individualmente
 - 1 tarea
 - Temperatura del Arduino $> 25^{\circ}\text{C}$ debía de vibrar 2500 milisegundos el Nexus 4 por cada grado centígrado sobrepasado
 - Y mostrar una notificación de aviso en el Motorola



Prototipo II – Evaluación y discusión



- **Q3:** El DSL hace que sea difícil cometer errores mientras el usuario está modelando las aplicaciones.
- **Q4:** Esta solución ofrece una forma rápida de desarrollar la tarea indicada.
- **Q5:** Esta solución provee asistencia para crear aplicaciones para interconectar objetos.
- **Q6:** El DSL no requiere que el usuario utilice conocimientos de programación complejos, como ocurre en el desarrollo de aplicaciones de forma tradicional.
- **Q7:** El DSL incluye suficientes elementos y funcionalidad para que el usuario pueda crear una amplia gama de aplicaciones para interconexión de objetos.

Prototipo II – Conclusiones

- Objetivos
 - DSL para interconectar objetos
 - Aplicar MDE para crear el DSL
 - Obtener una alta abstracción
 - Comunicar objetos heterogéneos y ubicuos

- Permite a usuarios no técnicos modelar y generar aplicaciones software que interconecten *Smart Objects*
- Aumenta el nivel de abstracción en el proceso de desarrollo de aplicaciones sin usar GPLs
- La propuesta permite el modelado de las interconexiones de una forma comprensible y ágil
- El 90% de las declaraciones han obtenido más del 75% de evaluaciones positivas o muy positivas
- La declaración de menor calificación ha obtenido un 52,38% de evaluaciones positivas o muy positivas

Hipótesis: facilitar el desarrollo de aplicaciones que permitan interconexión de objetos en el marco IoT de una forma rápida y sencilla mediante Ingeniería Dirigida por Modelos.

¡VERIFICADA!




«Ha sido uno de mis mantras – concentración y simplicidad. Lo simple puede ser más difícil que lo complejo: tienes que trabajar duro manteniendo tu mente clara para hacer las cosas simples. Pero vale la pena llegar hasta el final porque una vez allí, puedes mover montañas»

Steve Jobs

Prototipo III

Midgar II – Generación de Smart Objects para Internet de las Cosas mediante el uso de Ingeniería Dirigida por Modelos

Prototipo III – Herramientas Existentes

	Minibloq	Bitbloq	AppsGeyser	AppsBuilder	Infinite Monkeys	MOCSL
¿Necesita habilidad de desarrollo?	 Sí	 Sí	 No	 No	 No	 No
Arduino	 Sí	 Sí	 No	 No	 No	 Sí
Mobile	 No	 No	 Sí	 Sí	 Sí	 Sí
Sensores y actuadores	 Sí	 Sí	 No	 No	 No	 Sí
Servicios Web	 No	 No	 No	 No	 No	 Sí
¿Se puede modificar el código?	 No	 No	 No	 No	 No	 Sí

Prototipo III – Descripción

1. Diseño de objetos inteligentes

- Permitir a un usuario sin conocimientos en el desarrollo de software crear objetos inteligentes

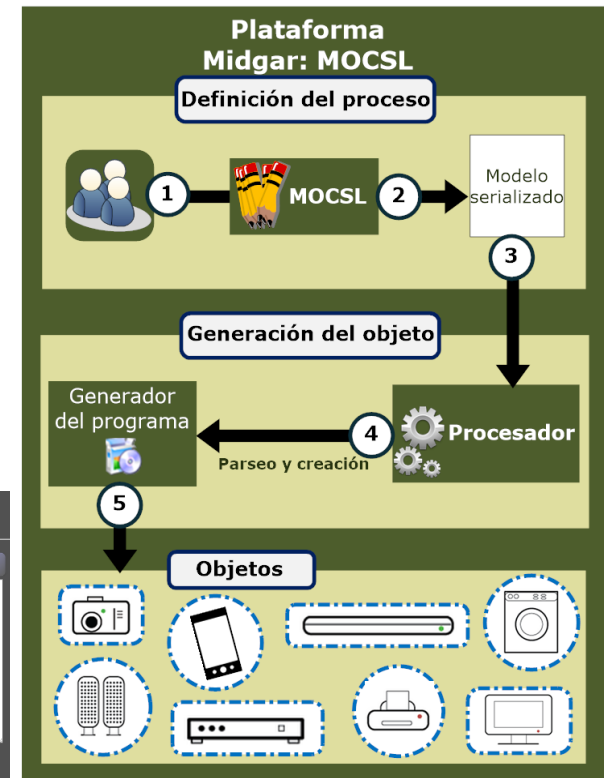
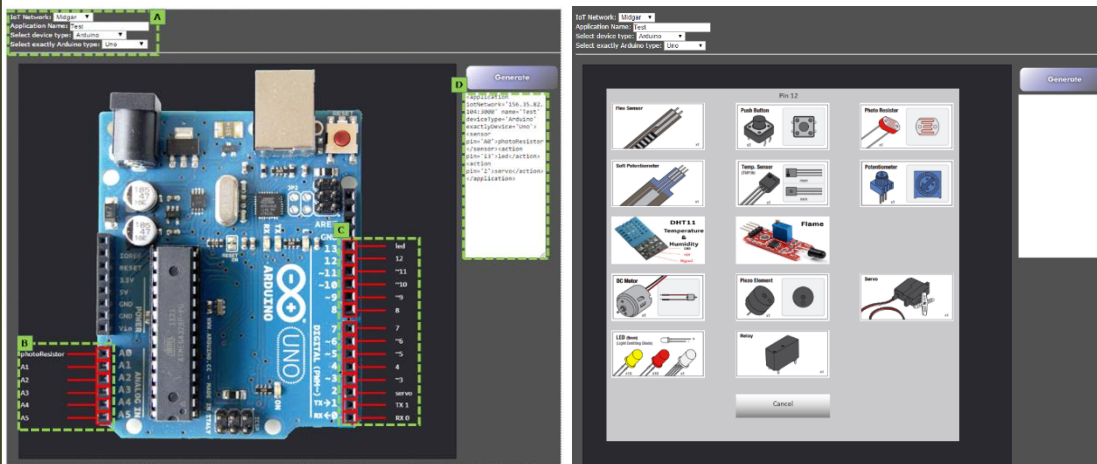
Hipótesis 1: aplicar MDE para obtener una abstracción y crear así un DSL para facilitar la creación de objetos de una manera fácil y rápida para gente que sepa crear un objeto, pero no tenga los conocimientos de programación para crear el software.

Hipótesis 2: la creación de software para objetos es una mejora significativa para IoT

- Objetivos
 - **DSL para la definición del uso del *Smart Object***
 - Obtener una **alta abstracción** para la creación de aplicaciones mediante un DSL web gráfico
 - Encapsulación de todo el software necesario para hacer funcionar el *Smart Object* en su plataforma destino
 - Conseguir saber si el ofrecer un sistema que ayude a crear objetos podría ser una mejora significativa en IoT

Prototipo III – Implementación

- Añade a Midgar el DSL MOCSL
 - Genera el software de los *Smart Objects*
 - Define los sensores y actuadores a utilizar
 - Inserta toda la información para que se conecten a la red IoT

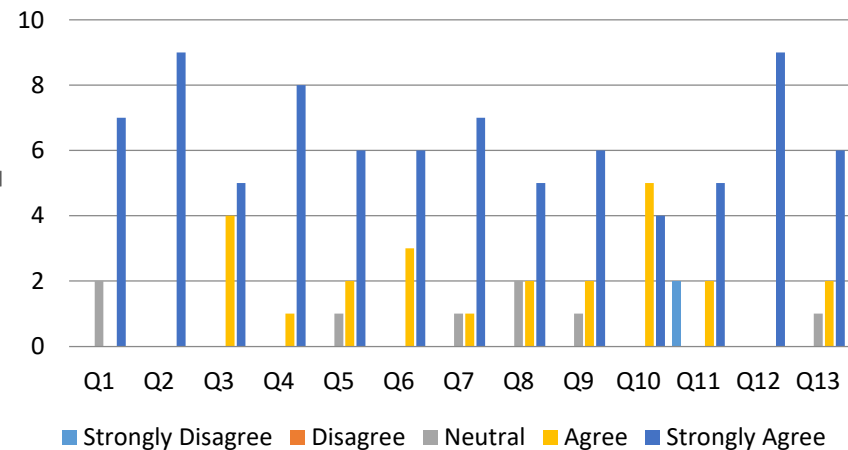
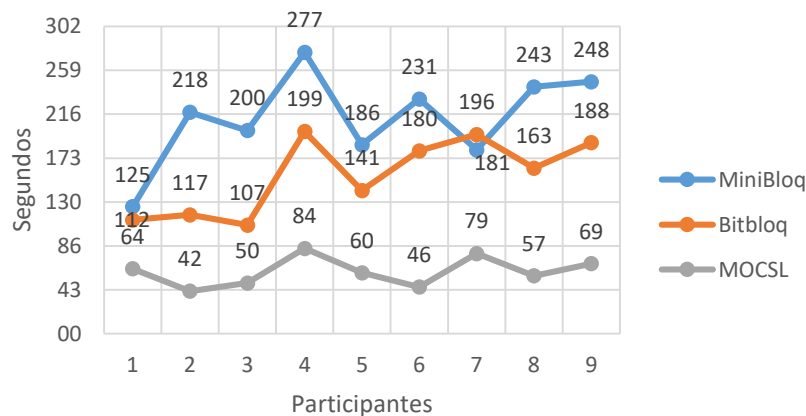


Prototipo III – Metodología

- Tareas
 - Toma de tiempos
 - Encuesta
 - Escala Likert de 5 puntos [18]
 - 13 declaraciones
- 9 participantes
 - Individualmente
 - 1 tarea en 3 generadores de software
 - Minibloq, Bitbloq y Midgar
 - Conectar 2 actuadores y 1 sensor



Prototipo III – Evaluación y discusión



- **Q1:** El participante entiende la funcionalidad de los elementos del DSL y su rol en el proceso de creación.
- **Q2:** MOCSL permite crear Smart Objects de una manera fácil, usando pocos clics y sin tener que programar código.
- **Q4:** Esta solución ofrece una forma rápida de desarrollar la tarea indicada.
- **Q7:** MOCSL no requiere que el participante posea habilidad complejas de programación, como ocurre en el desarrollo tradicional de aplicaciones.
- **Q12:** MOCSL es más fácil de usar que MiniBloq.
- **Q11:** MOCSL podría ser usado para simplificar el proceso de desarrollo clásico de aplicaciones software en otras áreas.

Prototipo III – Conclusiones

- Objetivos
 - Desarrollar un DSL para la definición del uso del *Smart Object*
 - Obtener una alta abstracción para la creación de aplicaciones mediante un DSL web gráfico
 - Encapsulación de todo el software necesario para hacer funcionar el *Smart Object* en su plataforma destino
 - Conseguir saber si el ofrecer un sistema que ayude a crear objetos podría ser una mejora significativa en IoT

- Provee una **solución para crear *Smart Objects***
- De una **manera sencilla**
- El 92% de las declaraciones tienen una acogida positiva o muy positiva entre los participantes
 - Los participantes creen que MOCSL cumple con la funcionalidad
 - MOCSL podría ofrecer beneficios para Internet de las Cosas y los *Smart Objects*

Hipótesis 1: aplicar MDE para obtener una abstracción y crear así un DSL para facilitar la creación de objetos de una manera fácil y rápida para gente que sepa crear un objeto, pero no tenga los conocimientos de programación para crear el software.

Hipótesis 2: la creación de software por **VERIFICADAS!** herramientas es una mejora significativa para IoT

«No te preocupes de que la gente te pueda robar una idea. Si es original, se la harás tragar a la fuerza»
Howard Aiken, creador del Mark I

Prototipo IV

Canon – Detección de personas mediante el uso de visión por computador para mejorar la seguridad en escenarios de Internet de las Cosas

Prototipo IV – Descripción

1. Diseño de objetos inteligentes

- Permitir a un usuario sin conocimientos en el desarrollo de software crear objetos inteligentes

Hipótesis 1: es posible insertar el uso de visión por computador en Internet de las Cosas.

Hipótesis 2: se pueden utilizar las fotografías de una cámara IP como si fuesen sensores.

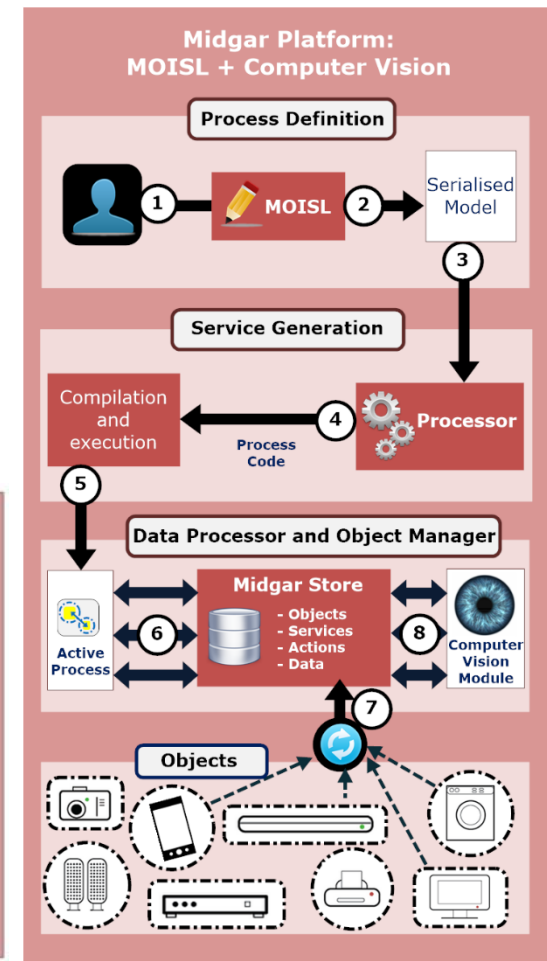
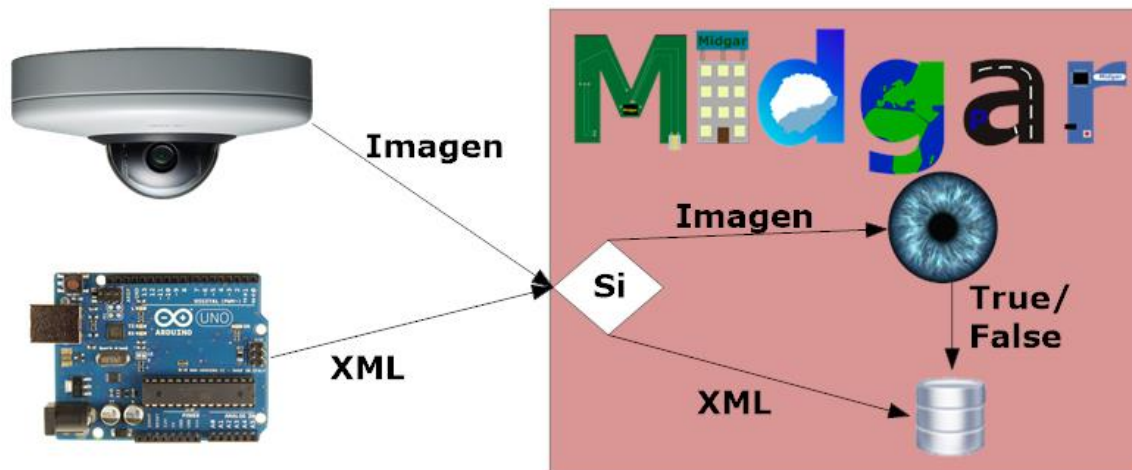
Hipótesis 3: se puede obtener una buena precisión para automatizar o semiautomatizar este tipo de eventos.

● Objetivos

- **Interconectar una cámara IP** con una plataforma IoT, como es Midgar
- Crear un **módulo de Visión por Computador** capaz de reconocer personas en las fotografías
- **Tratar fotografías como si fueran sensores**
- Ayudar en la mejora de la seguridad en zonas concretas

Prototipo IV – Implementación

- Añade a Midgar el módulo de Visión por Computador
- Permite tratar las fotos como sensores
- Analiza las fotos en busca de lo especificado



Prototipo IV – Metodología

- Fotografías manuales
 - 160 fotografías aisladas: 64 con personas y 96 sin personas



- Fotografías automáticas
 - Secuencias de movimiento: hasta 30 fotos/seg
 - 979 fotografías en 16 secuencias (8 con personas y 8 sin personas)



Prototipo IV – Evaluación y discusión I - Manual

Tipos		Gente	
		Negativo (96)	Positivo (64)
Resultado	Negativo	Verdadero negativo 96 / 100%	Falso negativo 57 / 89,062%
	Positivo	Falso positivo 0 / 0%	Verdadero positivo 7 / 10,937%



Prototipo IV – Evaluación y discusión II - Auto

Tipos de acuerdo a la secuencia		Gente	
		Negativo (9)	Positivo (8)
Resultado	Negativo	Verdadero negativo 8 / 88,888%	Falso negativo 0 / 0%
	Positivo	Falso positivo 1 / 11,111%	Verdadero positivo 8 / 100%



Nombre de la secuencia	¿Tiene gente?	Total de fotos	Fotos identificadas	% de detección	Resultado
C1	Sí	78	1	1,282	Verdadero positivo
C2	Sí	229	7	3,056	Verdadero positivo
D1	Sí	53	15	28,301	Verdadero positivo
D2	Sí	49	9	18,367	Verdadero positivo
D3	Sí	54	22	40,740	Verdadero positivo
D4	Sí	207	5	2,415	Verdadero positivo
L1	Sí	84	6	7,142	Verdadero positivo
L2	Sí	63	2	3,174	Verdadero positivo
C	No	12	0	0	Verdadero negativo
F	No	35	0	0	Verdadero negativo
M	No	9	0	0	Verdadero negativo
P	No	7	0	0	Verdadero negativo
P1	No	7	0	0	Verdadero negativo
P2	No	25	0	0	Verdadero negativo
P3	No	17	0	0	Verdadero negativo
SP	No	30	0	0	Verdadero negativo
T	No	20	1	5	Falso positivo

Prototipo IV – Conclusiones

- Objetivos
 - Interconectar una cámara IP con una plataforma IoT, como es Midgar
 - Crear un módulo de Visión por Computador capaz de reconocer personas en las fotografías
 - Tratar las fotografías como si fueran sensores
 - Ayudar en la mejora de la seguridad en zonas concretas

- Se ha integrado en Midgar un módulo de Visión por Computador
- Análisis de secuencias
 - Mejora el uso de modelos débiles
 - Con mejor modelo, el análisis mejora
- Integración en la plataforma como si fuera un sensor más
 - Usar fotografías como sensores

Hipótesis 1: es posible insertar el uso de visión por computador en Internet de las Cosas.

Hipótesis 2: se pueden utilizar las fotografías de la cámara IP como si fuesen sensores.

Hipótesis 3: se puede obtener una buena experiencia para automatizar o semiautomatizar este tipo de eventos.

VERIFICADAS!

«Un científico debe tomarse la libertad de plantear cualquier cuestión, de dudar de cualquier afirmación, de corregir errores»

Julius Robert Oppenheimer

Prototipo V

GNZL – Seguridad en la comunicación de los *Smart Objects* a través de una plataforma de Internet de las Cosas

Prototipo V – Descripción

2. Seguridad y privacidad

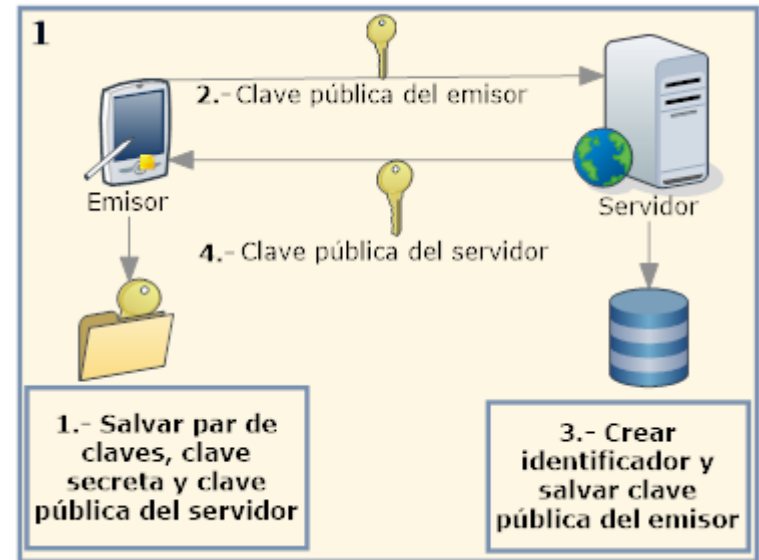
- Los datos enviados y recibidos de los objetos podrían ser interceptados
- Esto implica conseguir un sistema fiable, seguro y transparente al usuario

Hipótesis: obtener un buen algoritmo de encriptación para asegurar la conexiones entre objetos en Internet de las Cosas en medios no seguros.

- Objetivos
 - Crear **mensajes seguros en entornos no seguros**, lo que implica que estos ofrezcan una serie de cualidades: privacidad y confidencialidad, autenticación, integridad y no repudio
 - Utilizar la **Criptografía Híbrida** para lograrlo
 - Elegir el algoritmo criptográfico correcto entre la variedad existente
 - Que el algoritmo sea aplicable a la capacidad de cómputo disponible en los objetos

Prototipo V – Implementación

- En el registro se intercambian las claves públicas
- Los objetos usan Criptografía Híbrida
- El servidor descrypta y encrypta
- El objeto final recibe el mensaje y descrypta

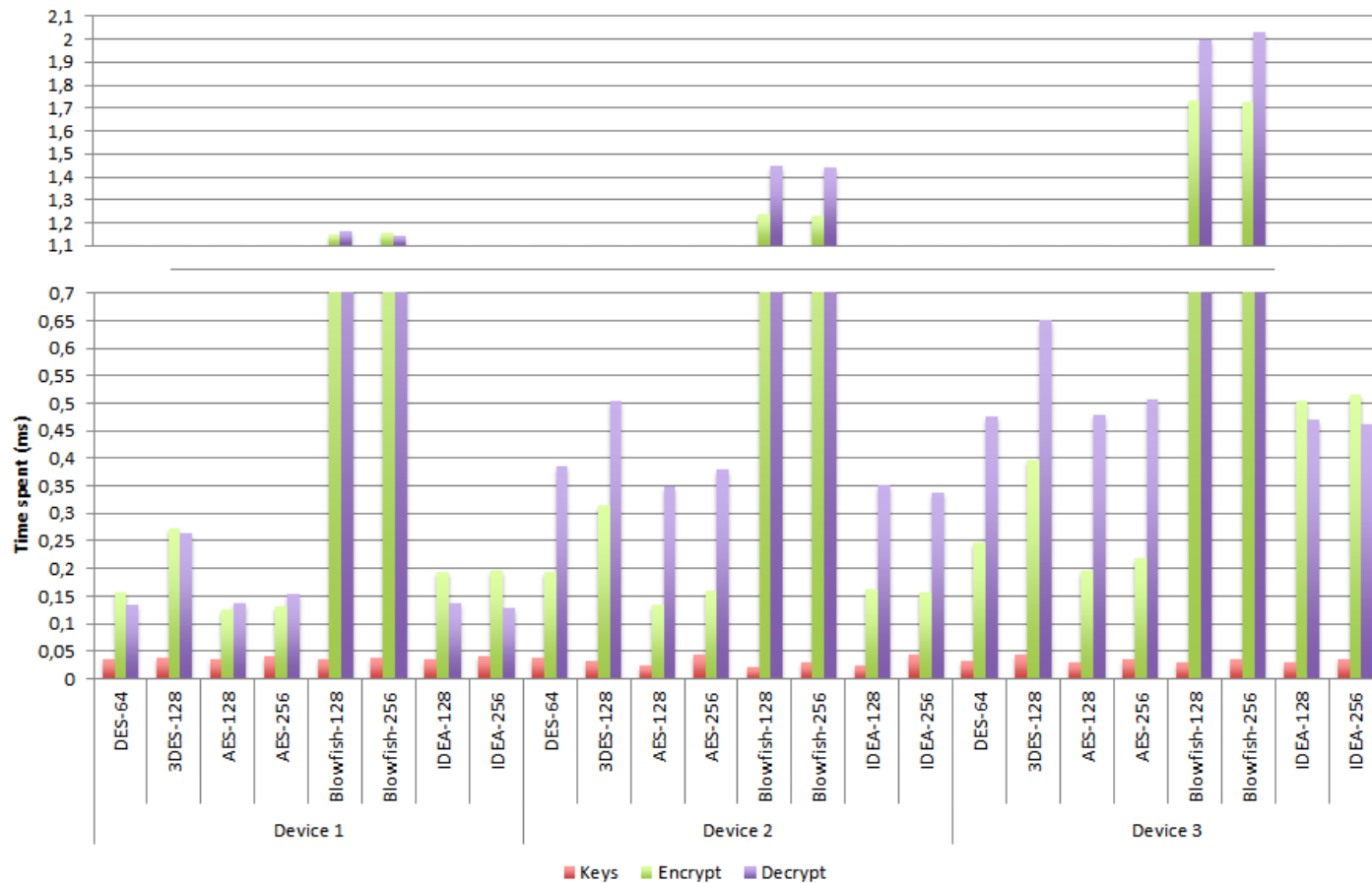


Prototipo V – Metodología

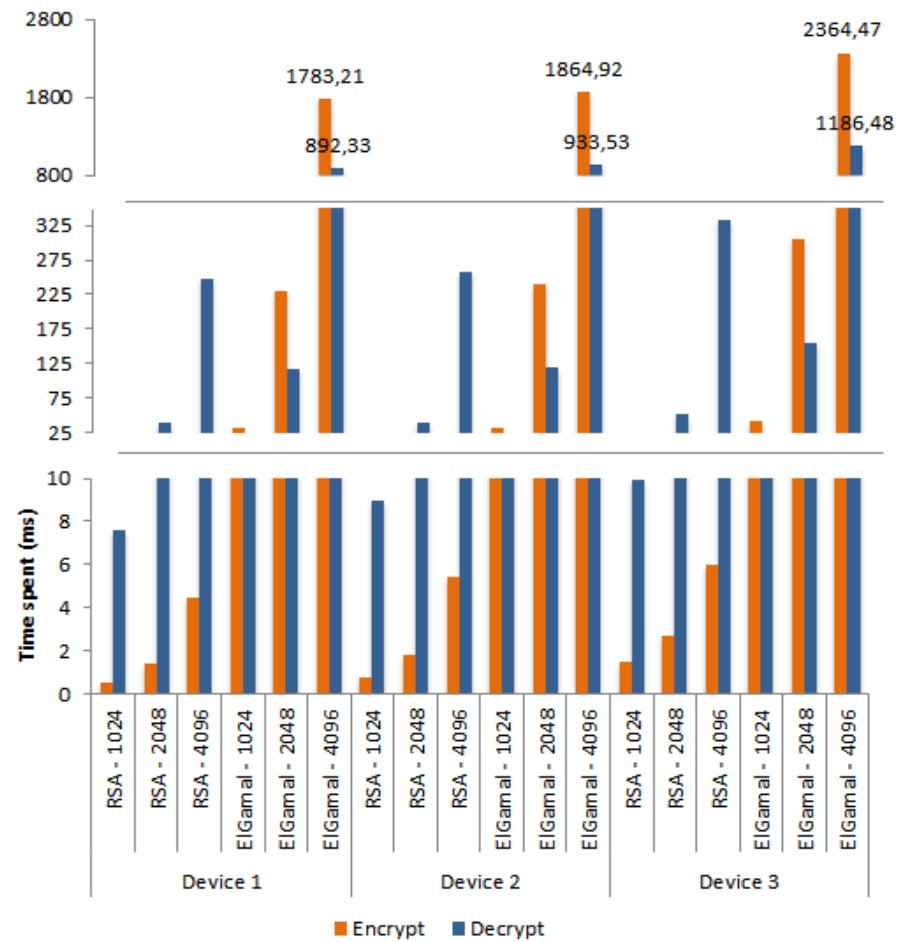
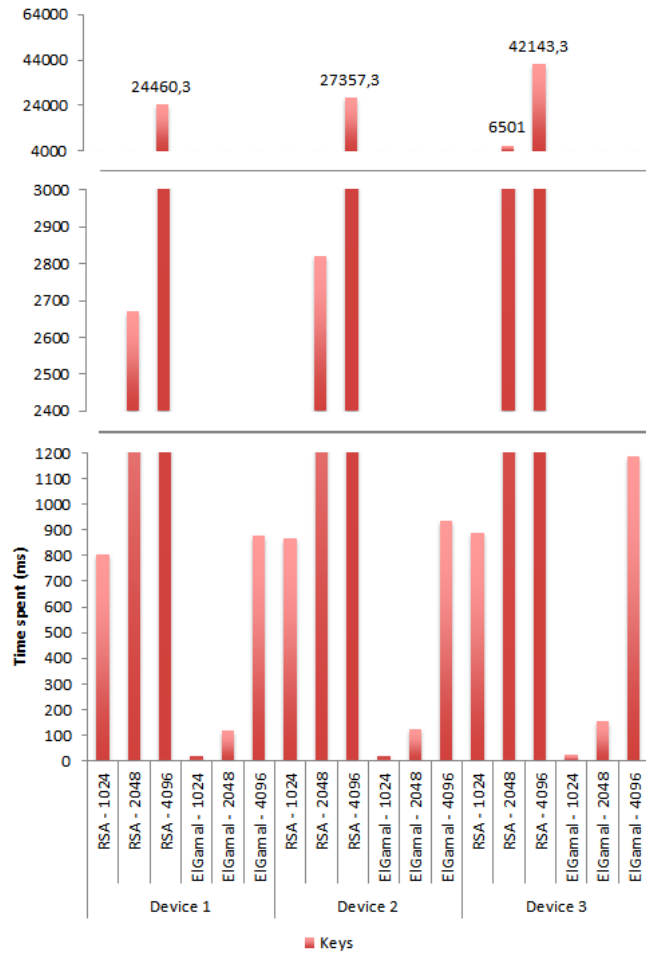
- Simétrica: DES, 3DES, AES, IDEA y Blowfish
- Asimétrica: RSA y ElGamal
- Funciones Hash: MD5, MD6, SHA-1, SHA-2 y SHA-3

- Se encriptó el mismo mensaje con la misma clave
- Se usaron diferentes tamaños de clave de cada algoritmo
- Se usaron 3 dispositivos: gama alta, media y baja
- Dos tipos de nodo: no críticos y críticos
- Toma de tiempo durante una hora

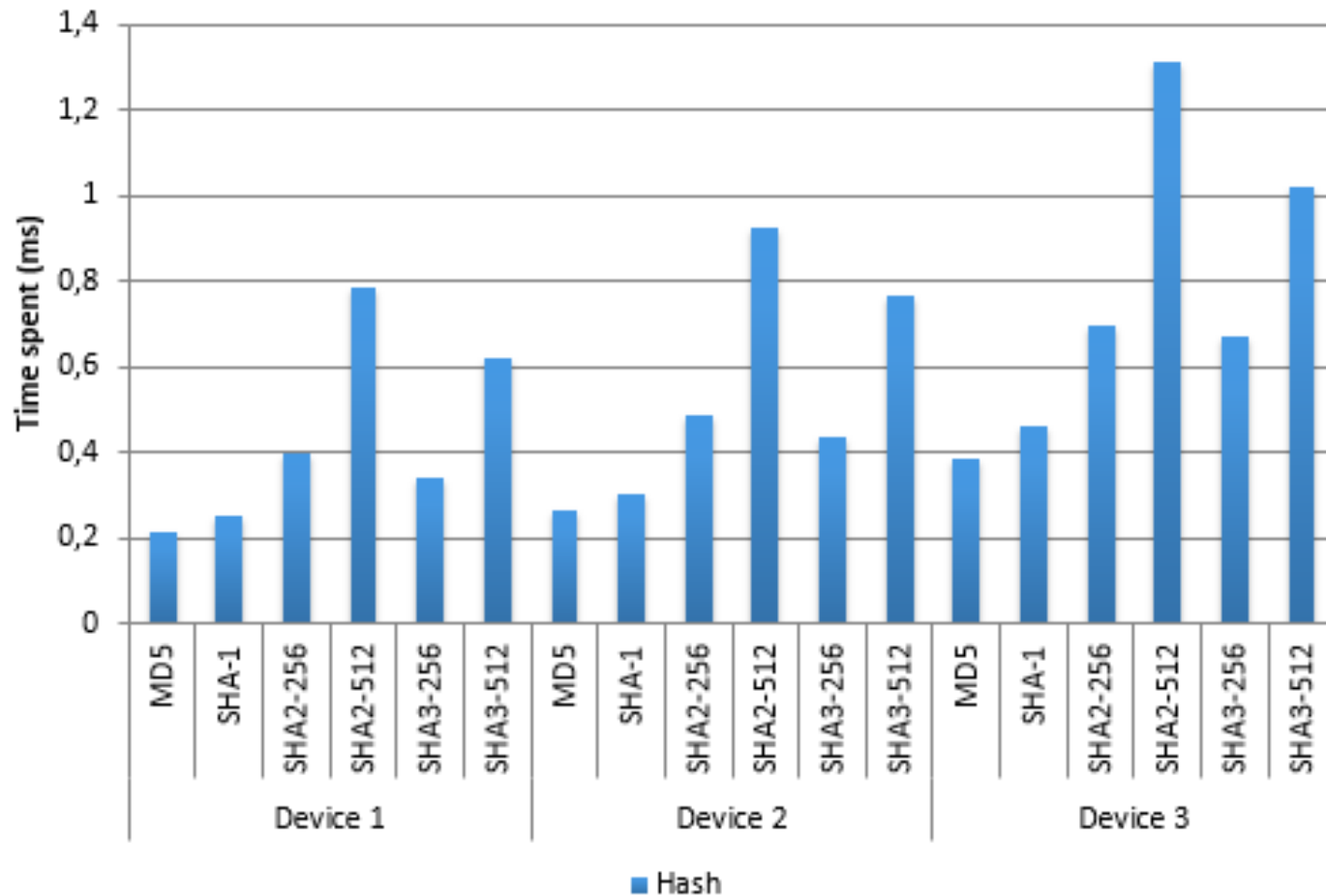
Prototipo V – Evaluación y discusión I



Prototipo V – Evaluación y discusión II



Prototipo V – Evaluación y discusión III



Prototipo V – Conclusiones

- Objetivos
 - Crear mensajes seguros en un entorno no seguro, lo que implica que estos ofrezcan una serie de cualidades: privacidad y confidencialidad, autenticación, integridad y no repudio
 - Utilizar la Criptografía Híbrida para lograrlo
 - Elegir el algoritmo criptográfico correcto entre la variedad existente
 - Que el algoritmo sea aplicable a la capacidad de cómputo disponible en los objetos

- Se ha presentado una **propuesta de seguridad** para Internet de las Cosas
- Ha sido implementada en la plataforma Midgar
- **Permite el envío de mensajes seguros** en entornos inseguros
 - Criptografía híbrida + firma digital
 - **AES** (256), **RSA** (1024) y **SHA3** (512)
 - Impacto de (una hora en gama baja)
 - 5,25862% en nodos críticos
 - 0,84732% en nodos no críticos

Hipótesis: obtener un buen algoritmo de encriptación para asegurar la conexiones entre objetos en Internet de las Cosas en medios no seguros

¡VERIFICADA!

«Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo»
Albert Einstein

Prototipo VI

Manchester – Un lenguaje orientado al usuario para especificar interconexiones entre objetos heterogéneos y ubicuos en Internet de las Cosas

Prototipo VI – Descripción

1. Diseño de objetos inteligentes

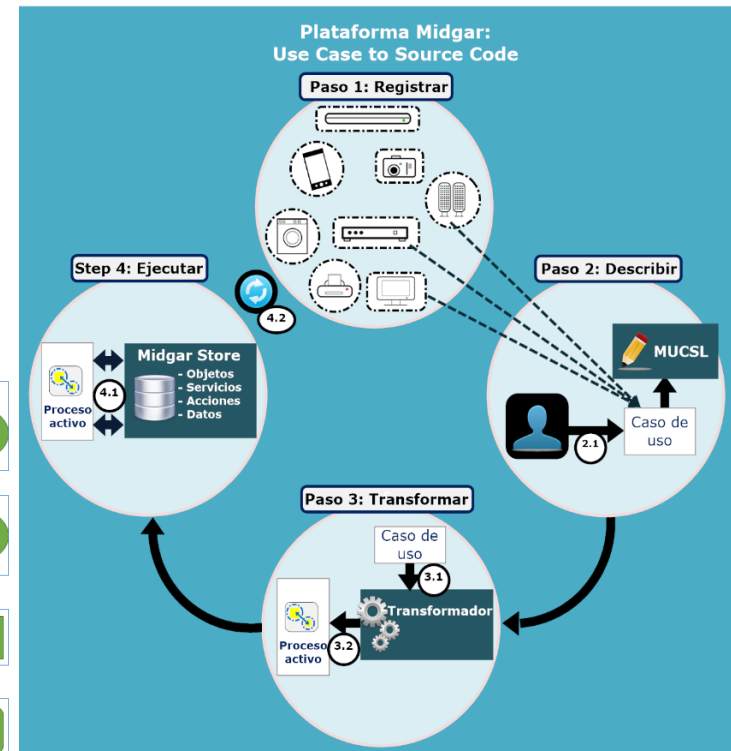
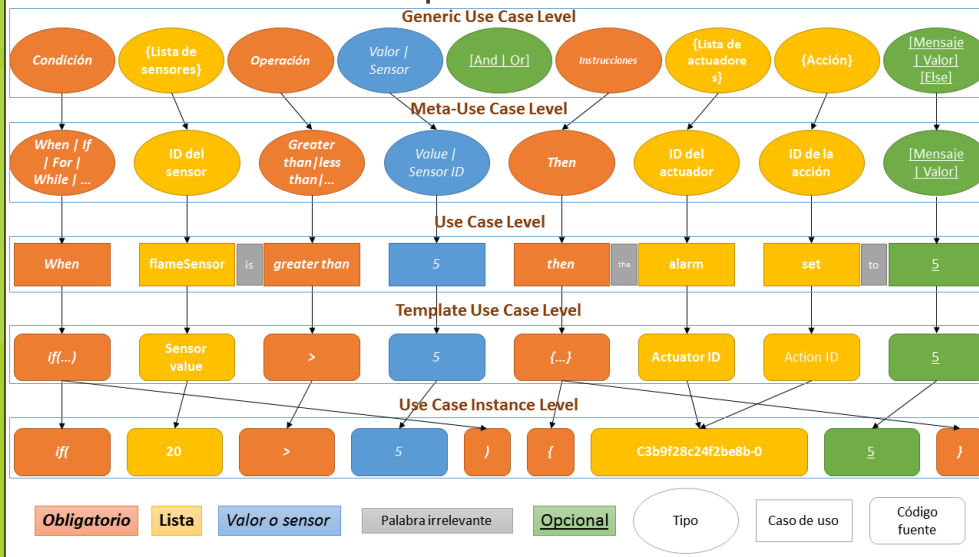
- Permitir a un usuario sin conocimientos en el desarrollo de software crear objetos inteligentes

Hipótesis: ofrecer un mejor sistema de creación de interconexiones entre objetos en el ámbito de Internet de las Cosas de una forma mucho más natural para el usuario.

- Objetivos
 - Permitir **describir casos de uso** que sean transformados a la aplicación final
 - Ofrecer **un lenguaje cercano al lenguaje natural para crear interconexiones entre objetos**
 - Obtener una alta abstracción con dicho lenguaje que ofrezca **más facilidad que MOISL**
 - Comunicar objetos heterogéneos y ubicuos

Prototipo VI – Implementación

- Sustituye en Midgar el DSL MOISL por MUCSL
- Definir reglas de interconexión
- Transformar casos de uso en las aplicaciones finales

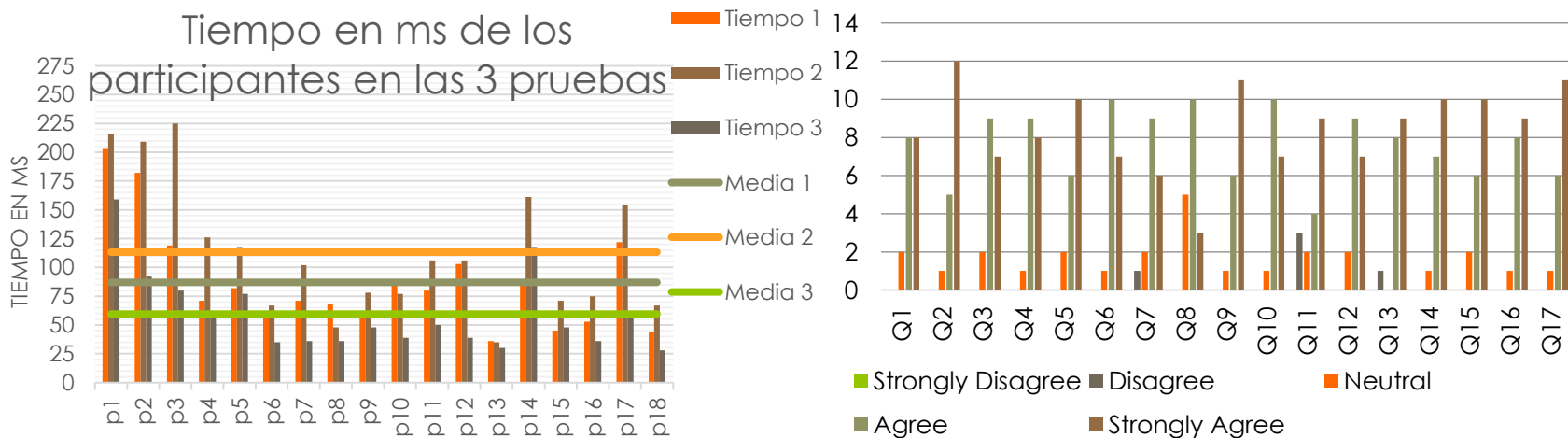


Prototipo VI – Metodología

- Tareas
 - Toma de tiempos
 - Encuesta
 - Escala Likert de 5 puntos [18]
 - 17 declaraciones
- 18 participantes
 - Individualmente
 - 3 tareas a definir
 - Sensor de llamas del < 51 , entonces enviar una notificación al smartphone con el mensaje «Fuego»
 - Fotorresistor del Arduino < 31 y el del smartphone < 21 , se enciende la luz, sino la luz deberá de apagarse
 - Temperatura del Arduino $> 24^{\circ}\text{C}$, la aplicación añadirá un punto de velocidad al ventilador por cada grado de diferencia. En caso contrario, se apagará el ventilador



Prototipo VI – Evaluación y discusión



- **Q2:** esta herramienta ofrece una asistencia útil para interconectar objetos heterogéneos.
- **Q5:** esta solución proporciona ayuda para crear aplicaciones para interconectar objetos.
- **Q9:** esta propuesta es una contribución positiva para fomentar el desarrollo de servicios y aplicaciones para Internet de las Cosas.
- **Q17:** este lenguaje puede considerarse útil.
- **Q8:** la sintaxis incluye suficientes elementos y funcionalidad para que el usuario pueda crear una amplia gama de interconexiones entre objetos.

Prototipo VI – Conclusiones

- Objetivos
 - Permitir describir casos de uso que sean transformados a la aplicación final
 - Ofrecer un lenguaje cercano al lenguaje natural para crear interconexiones entre objetos
 - Obtener una alta abstracción con dicho lenguaje que ofrezca más facilidad que MOISL
 - Comunicar objetos heterogéneos y ubicuos

- Provee a los usuarios finales de un sistema para crear las aplicaciones automáticamente a partir de sus casos de uso
- Se encarga de traducirlos y crear las aplicaciones interconectoras de objetos
- Los participantes dicen
 - Estar de acuerdo en que esta herramienta ofrece una asistencia útil para interconectar objetos
 - Una contribución positiva
 - El lenguaje puede considerarse útil
 - Dudan respecto a que los usuarios no requieren conocimientos de programación altos, tal vez la sintaxis requiera más elementos y una mejora de la funcionalidad

Hipótesis: ofrecer un mejor sistema de creación de interconexiones entre objetos en el ámbito de Internet de las Cosas de una forma más cercana al lenguaje natural para el usuario.

VERIFICADA!

«Uno se alegra de resultar útil»
Andrew Martin, en «El hombre
bicentenario» de Isaac Asimov

Prototipo VII

Michu – MiBot: asistente personal automatizado
programable mediante el uso de Internet de las Cosas

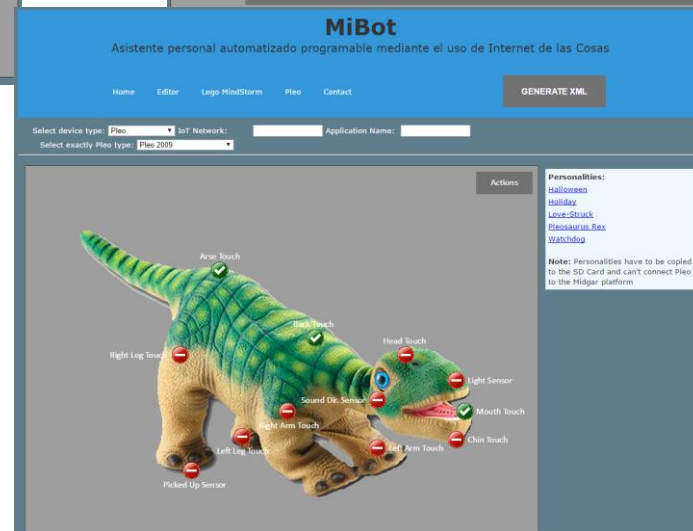
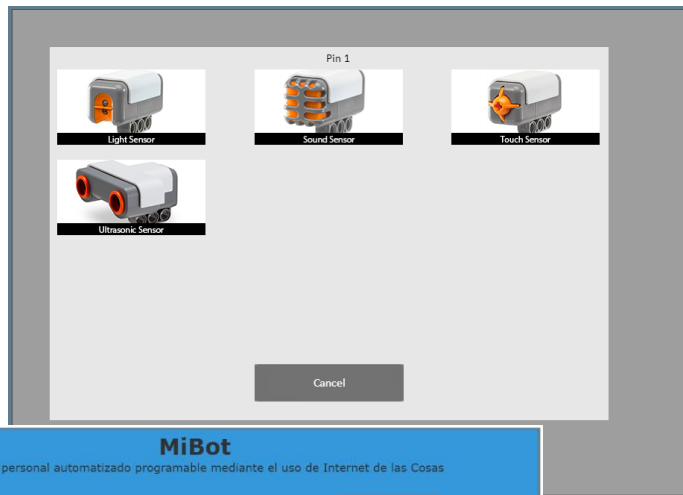
Prototipo VII – Descripción

3. Objetos asistentes

- Objetos mucho más inteligentes como son los robots
- Surge la necesidad de permitir manejarlos y configurarlos

- Objetivos
 - **Ampliar MOC SL**
 - Desarrollar un DSL que permita la **creación de aplicaciones que interconecten robots** a una plataforma IoT
 - Obtener una alta abstracción para la creación de aplicaciones mediante un DSL web gráfico
 - Encapsular todo el software que el robot requiere para ofrecer diferentes funcionalidades y conectarse a la plataforma destino

Prototipo VII – Implementación



Prototipo VII – Conclusiones

- Objetivos
 - Ampliar MOCSL
 - Desarrollar un DSL que permita la creación de aplicaciones que interconecten robots a una plataforma IoT
 - Obtener una alta abstracción para la creación de aplicaciones mediante un DSL web gráfico
 - Encapsular todo el software que el robot requiere para ofrecer diferentes funcionalidades y conectarse a la plataforma destino

- Amplia MOCSL añadiendo **soporte a robots**
- **Añade** a los robots **la lógica necesaria**
 - Funcionar y definir sus funciones
 - Interconectarse a la plataforma IoT

«En mi final está mi principio»
Mary, Queen of Scots

Bloque V – Conclusiones y trabajo futuro

Conclusiones finales
Verificación de los objetivos
Aportaciones de esta tesis
Publicaciones derivadas
Trabajo futuro

«Cuando pensamos que el día de mañana nunca llegará, ya se ha convertido en el ayer»

Henry Ford

Final Conclusions

Verification of Objectives

Contributions of the Thesis

Derived Publications

«Ansiamos nuevas sensaciones pero enseguida nos volvemos
indiferentes a ellas. Las maravillas del ayer son los sucesos
corrientes de hoy»
Nicola Tesla

Verification of Objectives

Verification of Objectives

To develop a research in the Internet of Things scenario together with the use of Model-Driven Engineering to enable users without knowledge of software development to build applications for the Internet of Things in an easy, nimble, and secure way.

Achieved!

Objective	Achieved with the Prototypes...
<p>1. Designing Smart Objects Allowing users without knowledge of software development to create Smart Objects</p>	I (Midgar), II (Midgar I), III (Midgar II), IV (Canon), VI (Manchester) y VII (Michu)
<p>2. Security and privacy Making a study about the current security Creating a reliable, secure, and transparent system for users</p>	I (Midgar), V (GNZL)
<p>3. Servant objects More intelligent objects like robots Appears the necessity of managing and configuring robots</p>	I (Midgar), VII (Michu)

Verification of the hypothesis

Applying the Model-Driven Engineering to achieve the creation of interaction human-to-machine and machine-to-machine in an easy and agile way by the automation or semiautomation of different processes to develop the applications in a nimble way and reduce the mistakes and costs in the Internet of Things scenarios, at the same time that the user privacy is maintained.

Verified!

- Could it be created **a system that allows the interconnection of heterogeneous and ubiquitous objects?**
 - Yes, with Midgar
- Could it be used MDE to create a Domain-Specific Language that allows to **create and interconnect heterogeneous and ubiquitous objects?**
 - Yes, with the objectives I and III
- Could it be **more secure the communication** amongst objects to maintain the users' privacy?
 - Yes, with the objective II

«La Ciencia es una sola luz, e iluminar con ella cualquier parte es iluminar con ella el mundo entero»

Isaac Asimov

Contributions of the Thesis

Contributions of the Thesis

- **An Internet of Things platform** that supports the heterogeneous objects registry and exchange data between the objects, allowing interconnection between themselves, which does as the brain of the whole ecosystem
- The use of **Model-Driven Engineering to facilitate the software development** for IoT scenarios
- One graphic DSL and another textual DSL to **create the interconnection between heterogeneous and ubiquitous objects** in the Internet of Things
- A graphic DSL that **allows creating the necessary software to define Smart Objects**, as the user wants as well as their interconnection using an IoT platform
- **A DSL that allows defining actions for robots** to use them in IoT scenarios

Contributions of the Thesis

- **The Computer Vision integration in the IoT**
- **The use of pictures as sensors**
- A **security study** that shows the best cryptography algorithms in relation to their security/computational cost to create secure messages between Smart Objects
- The possibility of **creating the object interconnection from a use case using Natural Language Processing** to process it
- **A study of the objects existing in IoT scenarios** and their differences, as well as a possible classification for the Smart Objects

«En algún lugar, algo increíble está
esperando ser conocido»
Carl Sagan

Derived Publications

JCR Articles

No JCR Articles

Conferences

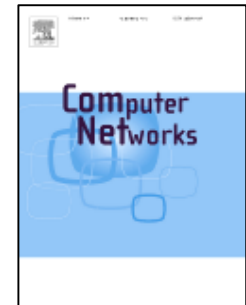
Book Chapters

Derived Publications V – Summary

Type	Number
JCR Articles	5
No JCR Articles	4
Conferences	3
Book Chapters	2

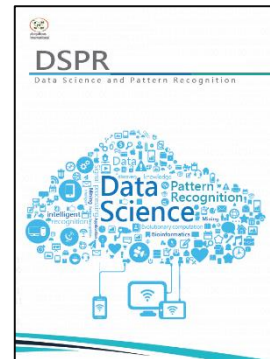
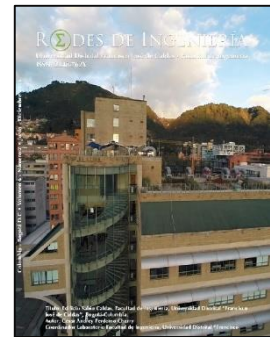
Derived Publications IV – JCR Articles

- **Midgar: Generation of heterogeneous objects interconnecting applications. A Domain Specific Language proposal for Internet of Things scenarios**
 - Computer Networks. 64 (2014) 143–158.
doi:10.1016/j.comnet.2014.02.010. **JCR IF: 1,446, Q2, 16/51 (Hardware)**
- **Vitruvius: An expert system for vehicle sensor tracking and managing application generation**
 - Journal of Network & Computer Applications. 42 (2014) 178–188.
doi:10.1016/j.jnca.2014.02.013. **JCR IF: 2,331, Q1, 6/106 (Software)**
- **IoFClime: The fuzzy logic and the Internet of Things to control indoor temperature regarding the outdoor ambient conditions**
 - Future Generation Computer Systems (2016).
doi:10.1016/j.future.2016.11.020. **JCR IF: 2,430, Q1, 11/105 (Theory)**
- **Midgar: Detection of people through computer vision in the Internet of Things scenarios to improve the security in Smart Cities, Smart Towns, and Smart Homes**
 - Future Generation Computer Systems (2017).
doi:10.1016/j.future.2016.12.033. **JCR IF: 2,430, Q1, 11/105 (Theory)**
- **Midgar: Study of communications security among Smart Objects using a platform of heterogeneous devices for the Internet of Things**
 - Future Generation Computer Systems (2017).
doi:10.1016/j.future.2017.01.033. **JCR IF: 2,430, Q1, 11/105 (Theory)**



Derived Publications III – No JCR Articles

- **Swift vs. Objective-C: A New Programming Language**
 - Int. J. Interact. Multimed. Artif. Intell. 3 (2015) 74–81. doi:10.9781/ijimai.2015.3310.
- **El futuro de Apple: Swift versus Objective-C**
 - Redes Ing. 6 (2015) 6–16. doi:10.14483/udistrital.jour.redes.2015.2.a01.
- **A review about Smart Objects, Sensors, and Actuators**
 - Int. J. Interact. Multimed. Artif. Intell. 4 (2017) 7–10. doi:10.9781/ijimai.2017.431.
- **SenseQ: Replying questions of Social Networks users by using a Wireless Sensor Network based on sensor relationships**
 - Data Science and Pattern Recognition. 1 (2017)



Derived Publications II – Conferences

- **Midgar: Domain-Specific Language to Generate Smart Objects for an Internet of Things Platform**
 - 2014 Eighth Int. Conf. Innov. Mob. Internet Serv. Ubiquitous Comput., IEEE, Birmingham, United Kingdom, 2014: pp. 352–357. doi:10.1109/IMIS.2014.48.
- **IntelliSenses: Sintiendo Internet de las Cosas**
 - 2016 11th Iber. Conf. Inf. Syst. Technol., AISTI, Gran Canaria, Spain, 2016: pp. 234–239. doi:10.1109/CISTI.2016.7521551.
- **SenseQ: Creating relationships between objects to answer questions of humans by using Social Networks**
 - Proc. 3rd Multidiscip. Int. Soc. Networks Conf. Soc. 2016, Data Sci. 2016 - MISNC, SI, DS 2016, ACM Press, New York, New York, USA, 2016: pp. 1–5. doi:10.1145/2955129.2955135.

Derived Publications I – Book Chapters

- **Using Model-Driven Architecture Principles to Generate Applications based on Interconnecting Smart Objects and Sensors**
 - Advances and Applications in Model-Driven Engineering, IGI Global, 2014: pp. 73–87. doi:10.4018/978-1-4666-4494-6.ch004.
- **MUSPEL: Generation of Applications to Interconnect Heterogeneous Objects Using Model-Driven Engineering**
 - Innovations in Systems and Software Engineering, IGI Global, 2015: pp. 365–385. doi:10.4018/978-1-4666-6359-6.ch15.



«La mejor forma de predecir el futuro es implementarlo»

David Heinemeier Hansson

Trabajo futuro

Trabajo Futuro

- IoT
 - **Escalabilidad** de las plataformas en Internet de las Cosas
 - Estudio de técnicas **Big Data para procesar los datos** de IoT
 - Estudio de los diferentes **protocolos**
- MDE
 - Fusionar MOISL y MOCSL
 - Inserción de «cajas» para **permitir el uso de lógica difusa** en los DSLs
 - Mejorar el editor de **Smart Objects utilizando NLP**
- *Smart Objects*
 - **Rendimiento** de los *Smart Objects*
 - Inserción de **Inteligencia Artificial mediante un DSL**
 - Relaciones entre objetos
- Seguridad
 - Mejora en la computación de los algoritmos
 - **Registro seguro**
- Redes Sociales Online, Visión por Computador, ...

«He oído que no hay nada tan agradable para un autor como encontrar sus obras respetuosamente citadas por otros autores doctos»

Benjamin Franklin

Referencias

Referencias I

- [1] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Comput. Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010..
- [2] C. Hao, X. Lei, and Z. Yan, "The application and Implementation research of Smart City in China," in *System Science and Engineering (ICSSE), 2012 International Conference on*, 2012, no. 70172014, pp. 288–292.
- [3] D. Guinard and V. Trifa, "Towards the web of things: Web mashups for embedded devices," in *2nd Workshop on Mashups, Enterprise Mashups and Lightweight Composition on the Web*, 2009.
- [4] E. Savitz, "Gartner: Top 10 Strategic Technology Trends for 2013," *Forbes*, 2013. [Online]. Available: <http://www.forbes.com/sites/ericsavitz/2012/10/23/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2013/#30193fa91d44>. [Accessed: 22-Jun-2016].
- [5] The US National Intelligence Council, "Six Technologies with Potential Impacts on US Interests out to 2025," 2008.
- [6] UK Intellectual Property Office Informatics Team, "Eight Great Technologies - The Internet of Things: A Patent Overview," Newport, 2014.
- [7] UK Government Chief Scientific Adviser, "The Internet of Things: making the most of the Second Digital Revolution," 2014.
- [8] L. Da Xu, W. He, and S. Li, "Internet of Things in Industries: A Survey," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 10, no. 4, pp. 2233–2243, 2014.
- [9] Ministry of Internal Affairs and Communications, "u-Japan," 2007. [Online]. Available: http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ict/u-japan_en/. [Accessed: 12-Feb-2016].
- [10] A. Broring, P. Maue, C. Malewski, and K. Janowicz, "Semantic mediation on the Sensor Web," 2012, pp. 2910–2913.

Referencias II

- [11] K. Ashton, That "Internet of Things" thing, *RFID J.* 22 (2009) 97–114. [http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That Internet of Things Thing.pdf](http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf).
- [12] A. J. Jara, Y. Sun, H. Song, R. Bie, D. Genooud, and Y. Bocchi, "Internet of Things for Cultural Heritage of Smart Cities and Smart Regions," in 2015 IEEE 29th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, 2015, pp. 668–675.
- [13] Vienna University of Technology, "European Smart Cities," <http://www.smart-cities.eu>, 2015. [Online]. Available: <http://www.smart-cities.eu>. [Accessed: 28-Sep-2016].
- [14] Shi Lu, "The Smart City's systematic application and implementation in China," in 2011 International Conference on Business Management and Electronic Information, 2011, vol. 3, pp. 116–120.
- [15] S. Wang, "Spatial data mining under Smart Earth," in 2011 IEEE International Conference on Granular Computing, 2011, pp. 717–722.
- [16] C. González García, J. P. Espada, E. R. N. Valdez, and V. García-Díaz, "Midgar: Domain-Specific Language to Generate Smart Objects for an Internet of Things Platform," in 2014 Eighth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, 2014, pp. 352–357.
- [17] C. González García, D. Meana-Llorián, B.C.P. G-Bustelo, J.M.C. Lovelle, A review about Smart Objects, Sensors, and Actuators, *Int. J. Interact. Multimed. Artif. Intell.* 4 (2017) 7–10.
- [18] R. Likert, "A technique for the measurement of attitudes," *Arch. Psychol.*, vol. 22, pp. 1–55, 1932.



Interoperabilidad de objetos en el marco de Internet de las Cosas mediante el uso de Ingeniería Dirigida por Modelos



Universidad de Oviedo

«Fue el tiempo que pasaste con tu rosa lo que la
hizo tan importante»
Antoine de Saint-Exupéry, El principito

Doctorando:
Cristian González García

Directores:
Dr. Juan Manuel Cueva Lovelle
Dra. B. Cristina Pelayo García-Bustelo