



# 2017 INESCOP

INFORME RESULTADOS

PROYECTO:

**SIMUBOT**  
CELDA ROBÓTICA  
COLABORATIVA PARA CALZADO,  
LIBRES DE COLISIONES

*INESCOP está desarrollando el proyecto “Celdas robóticas colaborativas para calzado libres de colisiones (IMDEEA/2017/25)” con el apoyo del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) y del Fondo Europeo de Desarrollo Regional. En el presente informe se muestra un resumen de los principales resultados obtenidos.*

## Celdas colaborativas en la industria del calzado

La utilización de robots colaborativos en la industria del calzado nos permite contemplar la automatización de nuevas tareas, así como el abaratamiento de otras cuyo coste hasta ahora era demasiado elevado. Esto se debe a que estos robots tienen formas redondeadas, utilizan materiales más ligeros e incorporan medidas de seguridad (como sensores de fuerza), que permiten prescindir de aparatosas y caras vallas de seguridad, y posibilitan una colaboración más estrecha entre humano y robot.

El objetivo del proyecto es facilitar la introducción de este tipo de robots en la industria del calzado.

Para ello, en una primera fase, hemos analizado una serie de operaciones genéricas que se desarrollan en la creación de un par de zapatos, destacando aquellos parámetros que podemos usar para discernir como de automatizable es una operación dada. Así, hemos caracterizado aspectos como la fuerza, destreza o precisión requeridas, como de definidas son las formas a tratar, o si tienen unos puntos de agarre claros. En la tabla 1 se pueden ver algunos ejemplos de operaciones descartadas, mientras que en la tabla 2 tenemos algunas operaciones candidatas.

Operación	Destreza	Precisión	Fuerza	Necesidad de decisión	Tipo de material	Objetos a tratar		Agarre	
						Formas bien definidas	Formas no definidas	Puntos de agarre definidos	Puntos de agarre no definidos
Dividido	ALTA	MEDIA	BAJA	BAJA	Flexible		*		*
Embastado	ALTA	MEDIA	BAJA	BAJA	Flexible	*			*
Extracción de grapas y relleno montado	MEDIA	ALTA	MEDIA	BAJA	Rígida		*		*
Revisión	BAJA	BAJA	BAJA	ALTA	Rígida	*		*	

Tabla 1: Ejemplos de operaciones descartadas

Operación	Destreza	Precisión	Fuerza	Necesidad de decisión	Tipo de material	Objetos a tratar		Agarre	
						Formas bien definidas	Formas no definidas	Puntos de agarre definidos	Puntos de agarre no definidos
Lijado	BAJA	ALTA	BAJA	BAJA	Rígida	*		*	
Halogenación	MEDIA	MEDIA	BAJA	BAJA	Rígida	*		*	
Aplicación adhesivo	MEDIA	MEDIA	BAJA	BAJA	Rígida	*		*	
Pulir	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	Rígida	*		*	

Tabla 2: Ejemplos de operaciones candidatas

Una operación candidata ideal para robotización debe tener necesidades de destreza, precisión y decisión bajas, un tipo de material rígido, así como tener formas bien definidas y fáciles de agarrar.

Además, también ha sido necesario definir las máquinas, herramientas y sustancias que usan cada una de estas operaciones, puesto que deberán ser tenidas en cuenta en su automatización.

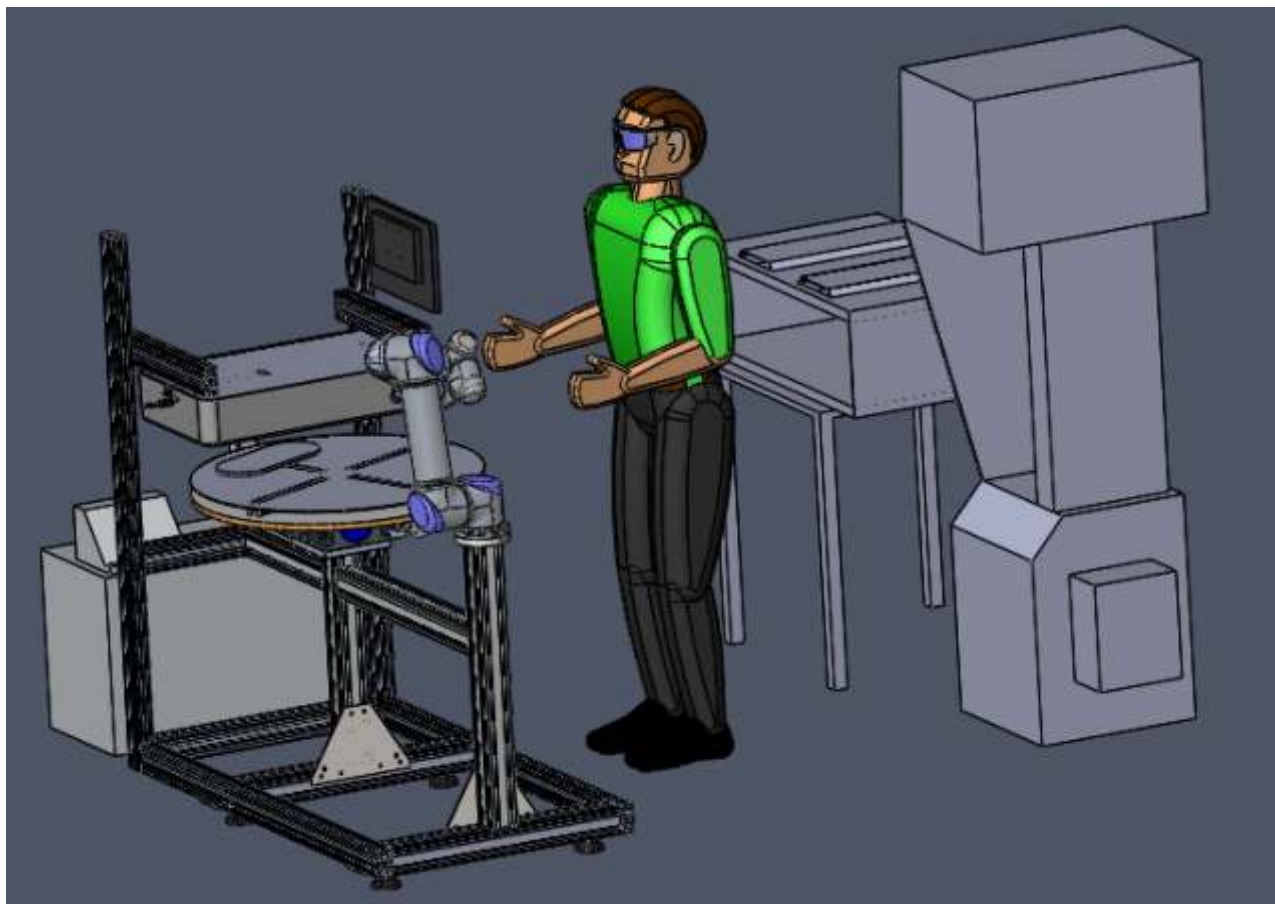
Operaciones que requieren un uso de la fuerza elevado, y trabajan con materiales o sustancias peligrosas como pueden ser algunos adhesivos, ofrecen un beneficio extra al ser robotizados, puesto que liberan al operario de buena parte de estos riesgos para su salud.

## Operaciones seleccionadas y celdas diseñadas

### Aplicación de adhesivo en suela

La aplicación de adhesivos en suela es una operación perfecta para ser robotizada. Diseños de celdas de este tipo donde se utilizan robots industriales, no colaborativos, obligaban a tener un vallado de seguridad que encarecía y dificulta su instalación en fábricas y sobre todo su incorporación a las cadenas de montaje existentes.

Usando robots colaborativos podemos ofrecer un diseño, que no solo nos permite prescindir de estas vallas de seguridad, sino que permite tener una colaboración más estrecha del operario en la tarea. En la celda propuesta, por ejemplo, el trabajador puede operar las máquinas de reactivado y prensado detrás de él, a la vez que suministra y retira suelas de la celda robótica, como se ve en la figura 1.



*Figura 1: Celda de aplicación de adhesivo*

## Lijado

En esta operación se lija la parte del corte donde se aplicará el adhesivo, para facilitar su posterior pegado.

Este proceso es fácilmente automatizable, puesto que la forma de la horma es conocida, y las operaciones a realizar por el robot son sencillas. Primero, detectar si tenemos un zapato, que se puede realizar mediante una cámara o un sensor de peso. Después, coger la horma, que es un objeto rígido con puntos

de agarre claros. Tercero, el robot tendrá que realizar una trayectoria pregenerada con un sistema CAD, para esa horma concreta, que pasará la parte inferior del zapato por la lijadora. Por último, dejar el zapato en la zona de extracción.

Para detectar que tipo de horma estamos cogiendo en cada momento, se usa un chip RFID que se almacena en cada horma.

## Halogenación

Al igual que el lijado, la halogenación es otra operación previa al pegado. En esta, se le da un tratamiento químico a la suela para mejorar la aplicación y la eficacia del adhesivo. Esta tarea tiene unos requisitos similares a la aplicación de adhesivo, por lo que la celda propuesta es una variante de esta última en la que sustituimos el disco circular por una cinta como medio de transporte para la suela. Tal y como se puede ver en la figura 2, las suelas pasan por debajo del escáner donde son digitalizadas antes de llegar a la zona de aplicación del robot.

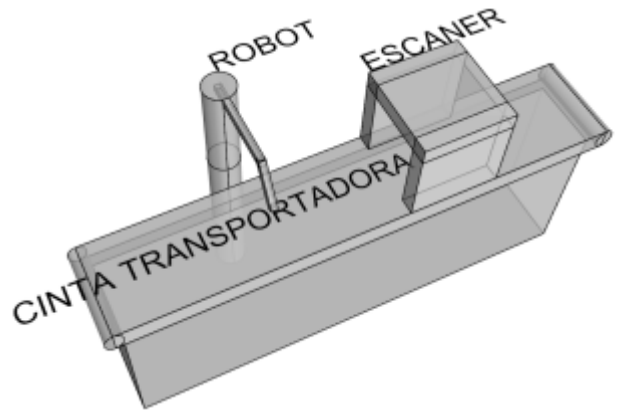


Figura 2: Celda de halogenación

## Doblado/Figurado

Tanto el doblado como el figurado son operaciones que se realizan como preparación para el armado, sobre piezas del corte. Sobre estas piezas se deben hacer diferentes acciones, según la operación. Para el doblado, se aplica adhesivo en distintas partes de la pieza, para posteriormente hacer el doblado. En el figurado, directamente se dibujan marcas en distintas posiciones de la pieza.

Así pues, ambas operaciones conllevan acciones sobre puntos concretos de las piezas. Proponemos la celda mostrada en la figura 3. Esta celda digitaliza las piezas del corte para hacer un matching sobre una base de datos de piezas pregenerada.

Una vez detectada la pieza que estamos tratando, podemos seleccionar en la base de datos que operaciones y donde debemos aplicarlas sobre la pieza. Para mejorar la digitalización de estas piezas contaríamos con una pantalla retroiluminada.

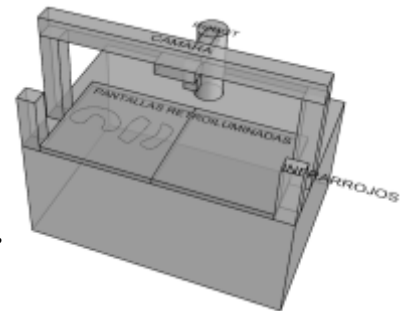


Figura 3: Celda de doblado/figurado

## Tintado

La aplicación de brillos y acabados con spray es una operación que se puede realizar sobre el zapato tanto con horma como sin horma, aunque para su automatización es preferible con horma, puesto que ofrece un agarre mucho mejor. Se usará un sistema parecido al de la celda de lijado, usando un RFID en

la horma para detectar que tipo de zapato estamos seleccionando. Una vez hemos detectado el tipo de zapato en sí, se carga una trayectoria pregenerada y se activa la pistola de spray automáticamente, para que este sea aplicado sobre el zapato, tal y como se puede ver en la figura 4.

Al igual que con los adhesivos o el halogenado, es conveniente alejar a los operarios de estos sprays, con lo que la zona de introducción y extracción de zapatos está alejada de la zona de aplicación de la pistola.

## Pulido

En este proceso se pule el zapato con unos cepillos de tela en forma de rodillos. Es una operación parecida a la de lijado, aunque cambiando el tipo rodillo usado y la forma de la trayectoria a ejecutar. A diferencia del lijado, en la celda de pulido necesitamos dar cabida a dos rodillos, el primero se encarga de aplicar el producto sobre el zapato, y el segundo del pulido propiamente dicho. En el espacio libre de la celda se introducen y extraen los zapatos por el operario. El diseño de la celda se puede ver en la figura 5.

## Simulador robótico

Para poder validar las celdas propuestas correctamente, se ha desarrollado un simulador robótico ad-hoc, capaz de tratar las particularidades pertinentes. Con los robots colaborativos es poco probable que una colisión hombre-máquina produzca ninguna lesión, pero no podemos correr riesgos. Además, cualquier obstáculo que se encontrara por el camino detendría el robot, con la consecuente pérdida en eficiencia y productividad.

En este simulador, se pueden incluir todos los elementos que rodean al robot en su operativa normal, importar las diferentes trayectorias que

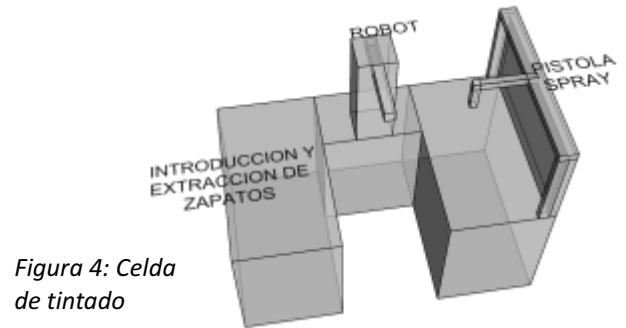


Figura 4: Celda de tintado

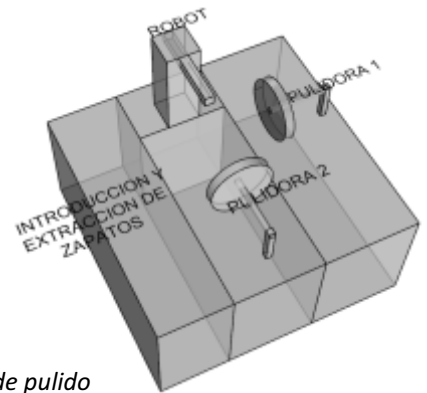


Figura 5: Celda de pulido

realizan las operaciones y simularlas, detectando, si las hubiera, colisiones entre los elementos incluidos, y singularidades o posiciones imposibles/inalcanzables por parte del robot. Este simulador nos permite adelantarnos a posibles problemas que pudieran surgir durante las pruebas reales, y que serían mucho más costosos de solucionar que con un prototipo virtual.

Así por ejemplo, podemos ver en la figura 6 la celda de aplicación de adhesivos anteriormente descrita, simulando diferentes trayectorias que corresponderían a diferentes suelas. Para poder efectuar estas



simulaciones, se han importado en el software las características del robot colaborativo elegido, el UR5 de Universal Robots, aunque se pueden añadir otros robots distintos. Estas simulaciones se pueden observar en tiempo real con lo que podemos

percatarnos visualmente de posibles problemas, a la vez que el simulador nos avisa como se puede ver en la figura 7, notificándonos si la simulación ha sido correcta, o si ha habido una colisión, informándonos de donde se ha producido.

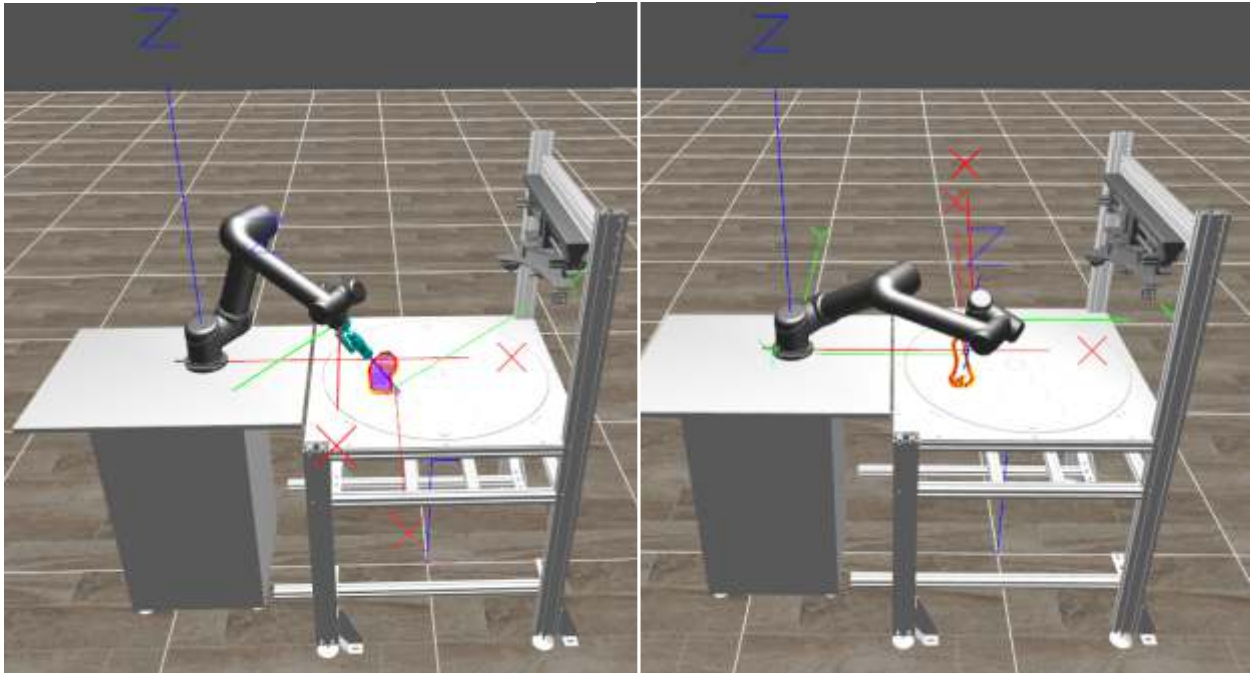


Figura 6: Simulación de diferentes trayectorias para la celda de aplicación de adhesivo

Fecha	Mensaje
● 27/11/2017 12:04:21	Simulación pausada
🔔 27/11/2017 12:04:20	Simulación trayectoria finalizada
🔔 27/11/2017 12:04:14	Simulación trayectoria finalizada
● 27/11/2017 12:04:14	Simulación reanudada
● 27/11/2017 12:03:57	Simulación pausada
❗ 27/11/2017 12:03:54	Colisión detectada en eje 6 con Base en punto 0: (0,159609; 0,091361; 0,031917) - (180; 9,347; -180)
❗ 27/11/2017 12:04:21	Colisión detectada en eje 3 con Base en punto 0: (0,159609; 0,091361; 0,031917) - (180; 9,347; -180)
❗ 27/11/2017 12:04:21	Colisión detectada en eje 2 con Base en punto 0: (0,159609; 0,091361; 0,031917) - (180; 9,347; -180)
❗ 27/11/2017 12:04:21	Colisión detectada en tool con Base en punto 0: (0,159609; 0,091361; 0,031917) - (180; 9,347; -180)

Figura 7: Notificaciones de colisiones y de simulaciones correctas

## DATOS DEL PROYECTO

**TÍTULO:** CELDAS ROBÓTICAS COLABORATIVAS PARA CALZADO, LIBRES DE COLISIONES

**ACRÓNIMO:** SIMUBOT

**PROGRAMA:** PROYECTOS DE I+D EN COOPERACIÓN CON EMPRESAS 2017

**PERIODO EJECUCIÓN:** ENERO 2017 - DICIEMBRE 2017

## FINANCIACIÓN:

Convocatoria de ayudas del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) dirigida a centros tecnológicos de la Comunitat Valenciana para proyectos de I+D de carácter no económico realizados en cooperación con empresas para el ejercicio 2017. Proyecto apoyado por el IVACE (Generalitat Valenciana) y cofinanciado en un 50% por la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020, con número de expediente IMDEEA/2017/25.

Desarrolla:



Financia:



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de  
Desarrollo Regional

*Una manera de hacer Europa*