A ROBOT'S DESIGN AND MODELING FOR AGRICULTURAL CROPS

DISEÑO Y MODELADO DE UN ROBOT PARA CULTIVOS AGRÍCOLAS

DI(e) Ariadna Rodríguez Chaparro [1], DI(e) Christian Matajira Coronado [2], DI(e) Jeferson Martínez Rojas [3], DI(e) Sharon Sepúlveda Martínez [4], Ph.D John Faber Archila[5]

Universidad Industrial de Santander
Semillero DIRO, Grupo de investigación GIROD Escuela de Diseño Industrial
Bucaramanga, Santander, Colombia.
ariadna.rodriguez@correo.uis.edu.co[1] christian.matajira@correo.uis.edu.co [2]
jeferson.martinez@correo.uis.edu.co [3] sharon.sepulveda@correo.uis.edu.co [4]
jfarchid@uis.edu.co[5] Profesor UIS

Abstract: According to the bibliographic review, Colombian agricultural sector has a approximately 50 years' s delay. This evidence the need to develop new technological tools to give to the countryside the possibility of progressing, in order to reduce the gap that currently exists.

The present investigation exhibits the design process that was used to develop a mobile robot in agricultural applications, using the QFD for its acronym in English: Quality Function Deployment. Also, is presented the CAD model, finite element method (FEM), electronic components and the operating algorithm.

Keywords: Mechatronic Design, CAD, robotics, precision farming.

Resumen: Según la revisión bibliográfica, el sector agrícola colombiano presenta un atraso de 50 años aproximadamente. Esto evidencia la necesidad de desarrollar nuevas herramientas tecnológicas que brinden al campo la posibilidad de progresar, con el fin de disminuir la brecha que actualmente existe.

La presente investigación expone el proceso de diseño que se usó para desarrollar un robot móvil útil en aplicaciones agrícolas, utilizando como metodología el QFD por sus siglas en inglés *Quality Function Deployment*. También se presenta el modelo CAD, las simulaciones por elementos finitos, los componentes electrónicos y el algoritmo de funcionamiento.

Palabras clave: Diseño mecatrónico, CAD, robótica, agricultura de precisión.

1. INTRODUCION

Las actividades relacionadas con el sector agrícola son de gran importancia para el progreso de nuestro país, además de proporcionar alimentos y materias primas, también ofrece oportunidades de empleo a una importante cantidad de población.
La agricultura es una fuente de ingresos para el crecimiento económico y el desarrollo sostenible de Colombia.
La falta de innovación tecnológica en el ámbito rural, las imprevistas lluvias y los días muy soleados; causan daños en los cultivos, generando más pérdidas económicas y productivas. Esto, trae como consecuencia la baja competitividad dentro del mercado nacional y global.

Por lo tanto, es necesario hacer uso de los recursos naturales y tecnológicos para incrementar el rendimiento del trabajo y la tierra. Los robots pueden llegar a ser muy útiles en las diferentes tareas del campo, la investigación robótica en la agricultura ha continuado evolucionando y actualmente, la plataforma móvil Summit XL diseñada por Robotnik (Stefancic, 1992) ha trabajado en proyectos como Agrirobot o VinBot, los cuales benefician el sector primario.

Este proyecto está dirigido al campesino colombiano, el cual, según el periódico El Universal, vive con más de 50 años de atraso en lo que a la agricultura se refiere, porque utilizan las herramientas tradicionales y en su mayoría, interfiere poco la tecnología. Debido a lo anterior, los agricultores tienen gastos, esfuerzos físicos y tiempo que pueden reducirse si se empieza a automatizar los procesos de cultivo, por ejemplo, el riego de los mismos.

En cuanto al suelo colombiano se distingue una variedad geométrica, la agricultura se practica tanto en terrenos planos como en pendiente. Es importante tener presente las anteriores pautas para la caracterización del robot.

El procedimiento se volverá más rentable, eficiente y respetuoso con el medio ambiente y la monitorización de los recursos naturales, permitirá un mayor control sobre la producción de las plantas.

2. METODOLOGÍA

Para la resolución del problema se utilizó la metodología planteada por el diseñador italiano Bruno Munari en su libro "Como nacen los objetos". Munari plantea un método proyectual basado la resolución de problemas. De aquí parten las alternativas formales del robot, las cuales, cuentan con una variable: la cantidad de llantas. Esta variable se evalúa en la siguiente parte de la metodología.

Para la selección del concepto se aplicó el método de gestión de calidad (QFD) por sus siglas en inglés *Quality Function Deployment*, el cual permite transformar necesidades de usuarios en la calidad de un producto, priorizar las expectativas en función de la importancia y focalizar los recursos humanos y materiales en las satisfacción del usuario.

Finalmente se realizó el diagrama de flujo del robot y el modelo del circuito eléctrico en el programa de software Technology para hacer un planteamiento más completo del funcionamiento del robot.

3. Quality Function Deployment - QFD.

Como análisis estadístico se desarrolló una matriz de planeación llamada Casa de calidad (QFD). Se utilizó para definir la relación entre las necesidades de los agricultores y las características que brinda el proyecto.

La estructura matricial de la Casa de la Calidad es la siguiente: Figura 1.

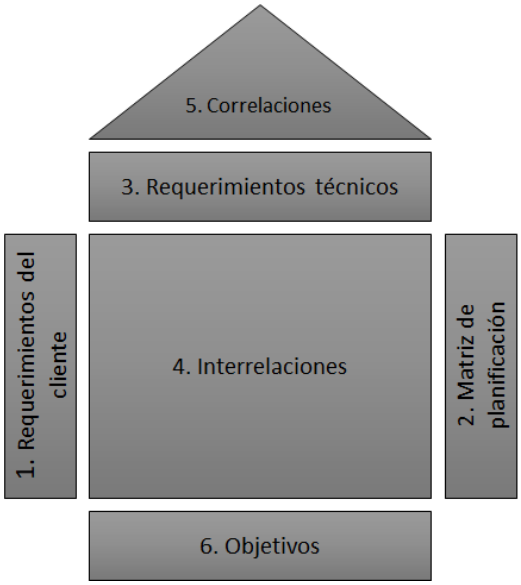


Fig. 1. Estructura de la casa de la calidad. Fuente: Autor.

En la figura 1.1 se refiere a requerimientos del Cliente: Esta es la primera parte de la matriz y es la más importante. Contiene la lista de los requerimientos del cliente acerca del producto en sus propias palabras, los cuales, en este caso, fueron 8. Se prioriza dichos requerimientos de modo que se pudo identificar cómo percibe el cliente la importancia relativa de cada uno. Nuestro rango de evaluación fue del 1 al 5.

Requerimientos del cliente	
Usability	Interfaz sencilla
	Asistencia audiovisual
	Atractivo
	Eficaz
Performance	Facil de transportar
	Optimizacion de bateria
	Adaptabilidad terrestre
	Facil de reparar

Fig. 1.1. Requerimientos del cliente. Fuente: Autor.

En la figura 1.2 se refiere a la matriz de planeación: Muestra la comparación (benchmarking) de nuestras alternativas frente a otro robot agrícola, que ya está en el mercado, en los atributos considerados más importantes por los clientes en la calidad del producto.

PLANNING MATRIX

Robot oruga	Robor de 3 ruedas	Robot de 4 ruedas	Summit XL	Planned rating	Improvement factor	Sales point	Overall weighting	Porcentaje total
2	2	2	2	4	1,4	1,3	7,3	7
4	4	4	4	5	1,2	1	3,6	22
4	3	4	2	4	1	1,4	4,2	3
3	2	4	4	4	1,2	1,4	8,4	8
4	4	4	3	3	0,8	1,1	2,6	29
1	5	4	4	3	1,4	1,3	7,3	8
3	3	3	5	2	0,8	1	2,4	16
1	5	4	3	3	1,4	1,2	5	7

Fig. 1.2. matriz de planeación.
Fuente: Autor.

En la figura 1.3 hace énfasis a requerimientos técnicos: Esta tercera parte se refiere a las características técnicas o de ingeniería del producto o servicio que la empresa ha detectado que contribuyen de alguna forma en satisfacer las necesidades de los clientes.

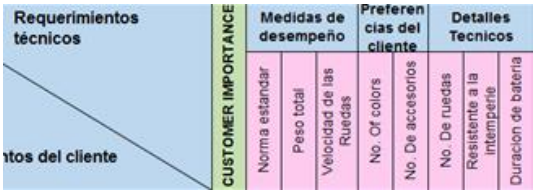


Fig. 1.3 requerimientos técnicos.
Fuente: Autor.

En la figura 1.4, analizamos las Interrelaciones, esta sección relaciona cuantitativamente las necesidades de los clientes con las características de la calidad. Es importante identificar qué características técnicas contribuyen a satisfacer determinadas necesidades. Se utilizaron notaciones gráficas que muestran relaciones "Fuertes", "Medias" o "Bajas", ilustradas respectivamente con un círculo, cuadrado y triángulo y con un valor de 9, 3 y 1.

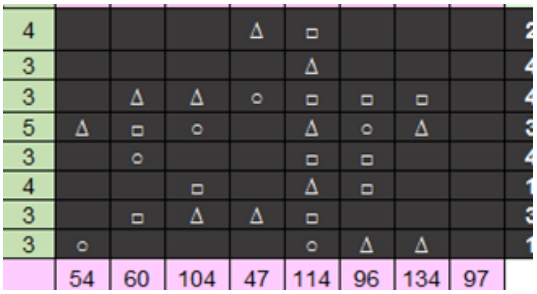


Fig. 1.4. Interrelaciones
Fuente: Autor.

En la figura 1.5, hace referencia a las Correlaciones: Se identificaron las correlaciones existentes entre las características técnicas.

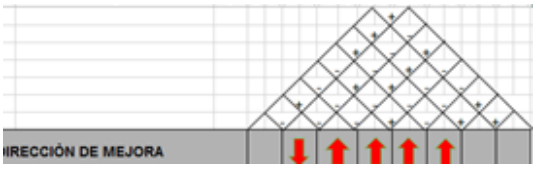


Fig. 1.5 correlaciones.
Fuente: Autor.

En la *figura 1.6* se resaltan los Objetivos: Se muestra los valores metas a alcanzar en cada característica técnica y adicionalmente se incorporó un benchmarking entre nuestra alternativa y el robot agrícola ya existente.

TECHNICAL PRIORITIES		54	60	104	47	114	96	134	97
PERCENTAGE OF TOTAL		8%	9%	15%	7%	16%	14%	19%	14%
Technical Benchmarking	Robot oruga	Y	180 00g	120	5	4	2	2	5
	Robot de 3 ruedas	Y	810, 18g	2000	3	5	3	4	10
	Robor de 4 ruedas	Y	305 4.4g	600	6	4	4	3	7
	Summit XL	Y	228 9,58	500	6	4	5	3	7
DESING TARGETS		Y	150 00g	1000	8	6	4	2	10

Fig. 1.6. Requerimientos técnicos.
Fuente: Autor.

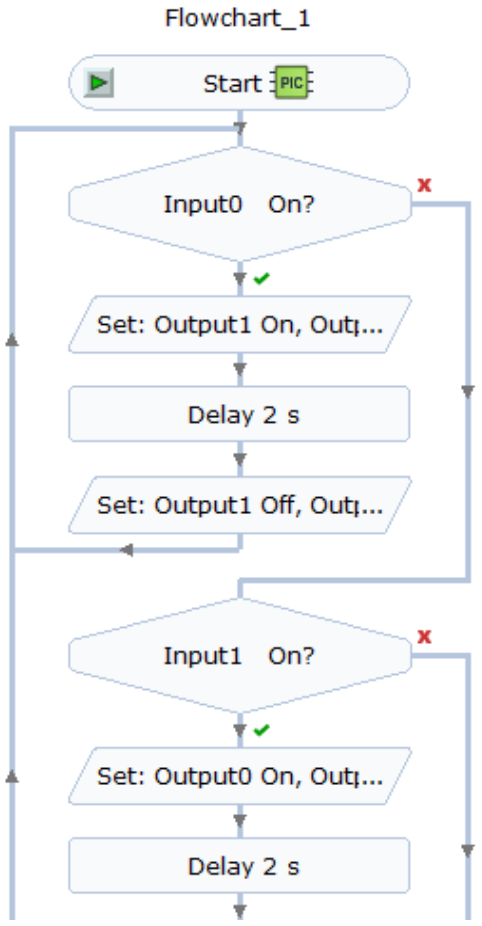
Con este diagrama se estableció y definió la alternativa que mejor cumplía con los requisitos del usuario, requerimientos técnicos y en general con toda la casa de la calidad, que es una metodología creada para esto, para hacer una relación de todas las áreas sustrayendo así una alternativa definitiva.

4. PROGRAMACIÓN

Con el fin de automatizar gran parte de las tareas agrícolas, se planteó un modelo robótico, el cual lleva a cabo la tarea de recolección de datos, los cuales indican el estado de cada planta en el cultivo, dichos datos (humedad, temperatura, y pH) son introducidos en un software el cual los analiza y genera un reporte en caso de que estos factores no se encuentren dentro de los márgenes establecidos para el correcto crecimiento y desarrollo de la planta.

El reporte es una señal, la cual activa los mecanismos para la ejecución de una acción (ya sea manual o automatizada) que solucionara el problema detectado.

The crops robot sigue una ruta trazada por GPS, también cuenta con transductores que detectan las señales emitidas por los sensores ubicados en cada planta, se ha diseñado y programado para que pueda circular por terrenos irregulares y con obstáculos, equipado con diferentes sensores *The crops robot* puede esquivar estos obstáculos y elegir la mejor ruta posible dentro del cultivo.



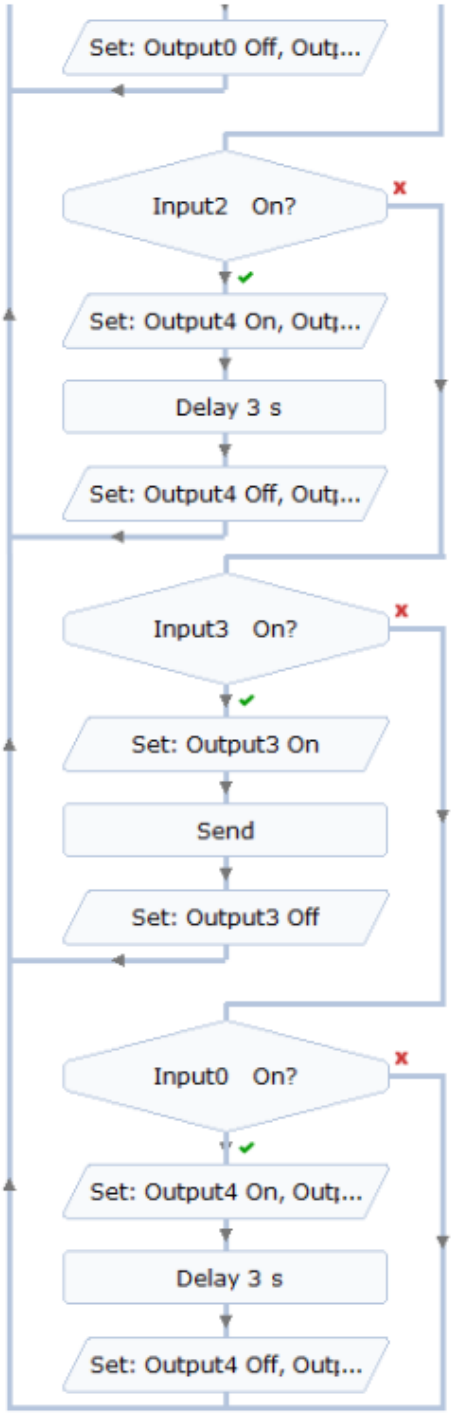


Fig. 3.1 Flowchart (Crocodile technology 609) Fuente: Autor.

En la *Fig. 3.1* se muestra la programación realizada en el software (crocodile Technology 609), seguido por el esquema del circuito eléctrico realizado en el mismo software.

En la *figura 3.2* se presenta el esquema del circuito eléctrico.

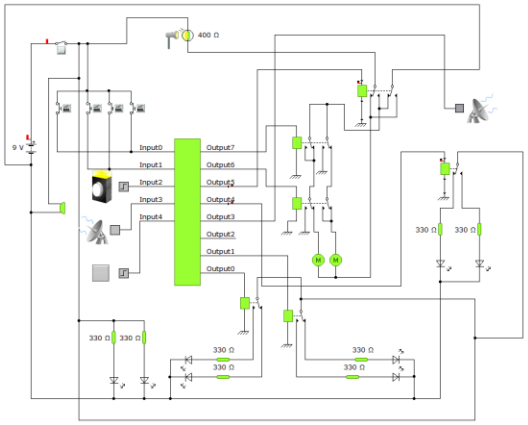


Fig. 3.2 Circuito eléctrico (Crocodile technology 609)
Fuente: Autor.

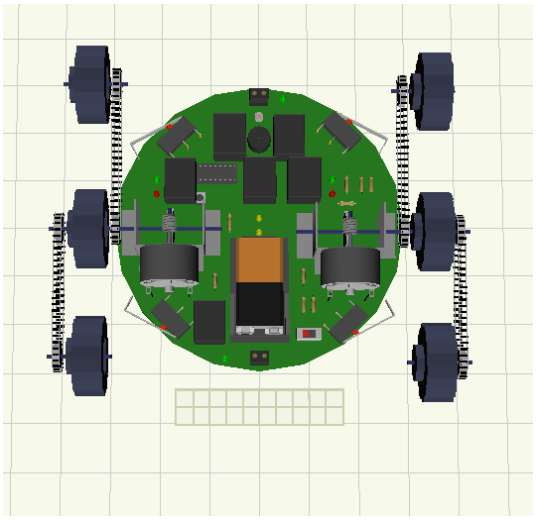


Fig. 3.3 Modelo 3D del circuito eléctrico
Fuente: Autor.

5. ESTUDIOS DE RESISTENCIA Y ESFUERZOS

Se realizaron estudios de resistencia en las piezas que soportan cargas y/o están bajo un esfuerzo, en este caso la placa base donde se ubican los componentes del robot. En la *Fig. 4.1* se muestra las fuerzas que están aplicadas a la placa base.

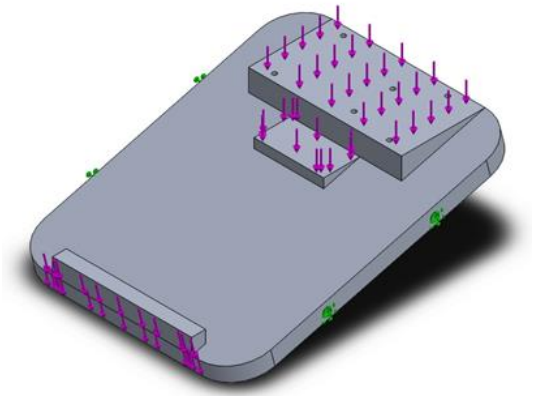


Fig. 4.1 Fuerzas aplicadas
Fuente: Autor.

En la *Fig. 4.2* se muestra el factor de seguridad de la pieza, el cual se encuentra dentro del margen de seguridad.

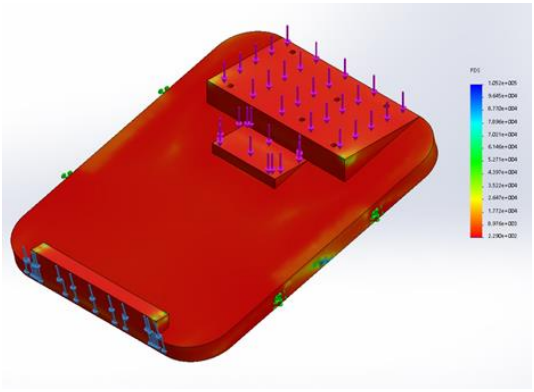


Fig. 4.2 Análisis estático - Factor de seguridad
Fuente: Autor.

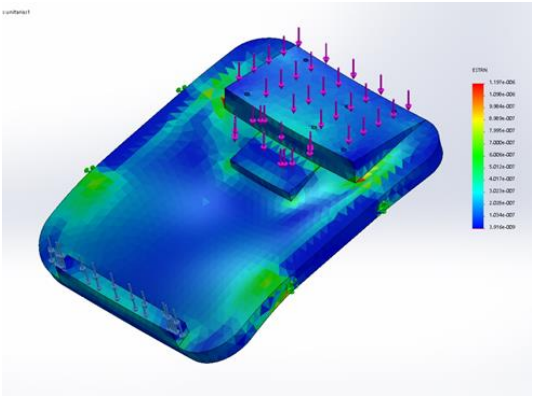


Fig. 4.3 Deformaciones unitarias
Fuente: Autor.

6. DISEÑO Y ALTERNATIVAS

Partiendo del análisis de la casa de la calidad se procedió a repartir el trabajo para empezar con el diseño del robot y las alternativas de diseño, que como se puede observar en la gráfica de la casa estas, las alternativas, están dirigidas a estudios previos del terreno en el que va a interactuar el robot, la estabilidad que requiere para evitar un volcamiento o posible obstrucción en el mecanismo de movimiento del robot ,también es importante estar al tanto de los efectos que el clima provoque en los posibles materiales de fabricación del robot debido a que si se intervendrá una zona con alto nivel de lluvias se requerirá tomar ciertas decisiones y si el clima por el contrario es caluroso y soleado es posible que las intervenciones sean diferentes es relevante tener en cuenta también la altura del cultivo que se intervendrá debido a que partiendo de eso podemos definir donde van ubicadas las herramientas receptoras de datos, por ejemplo.

En la mayoría de los diseños se puede apreciar en sus respectivos renderizados, en estos modelos la velocidad no es lo esencial, debido que no es muy adecuado usar altas velocidades en terrenos irregulares ya que ocasiona volcamiento.
Dando por resultado las propuestas de diseño presentadas a continuación:



Fig. 5.1 Alternativa 1 Coche de 3 ruedas
Fuente: Autor.

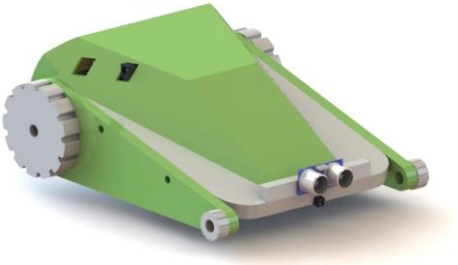


Fig. 5.2 Alternativa 2. Tractor oruga
Fuente: Autor.



Fig. 5.3 Alternativa 3 Coche de 4 ruedas
Fuente: Autor.



Fig. 5.4 Alternativa 4. Coche de 5 ruedas
Fuente: Autor.



Fig. 5.5 Robot agrícola Summit XL.
Fuente: https://www.robotnik.es/servicios-de-robotica-proyectos/aplicaciones-moviles/agricultura/

7. CONCLUSIONES

El artículo presenta el desarrollo de un robot móvil para ser usado en agricultura.

Según el análisis del QFD se encontró que La alternativa que más se adapta a terrenos no controlados, (de los cuales están compuestos en gran porcentaje nuestros campos) y cumple con los requerimientos del usuario, en este caso el agricultor, es la alternativa 2, el tractor oruga, el cual obtuvo la puntuación más alta en el análisis de las propuestas.

Para la alternativa 2 (*Fig. 5.2*) se realizó el diseño detallado haciendo un análisis por elementos finitos, el cual nos brindó los resultados esperados para la simulación de esfuerzos y de factor de seguridad.

Se presenta la propuesta electrónica y el algoritmo de programación y control para el robot de agricultura, que disminuirá las tareas del agricultor y mejorará la producción y calidad de las cosechas.

8. RECONOCIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión - VIE, al semillero DIRO del grupo de Investigación GIROD, y el apoyo del proyecto "Molificación discreta para esquemas miméticos explícitos: implementación en problemas de convección-difusión", con número de radica 2415 convocatoria interna 2018 VIE de la Universidad Industrial de Santander.

REFERENCIAS

Guzman R., Ariño J., Navarrol R., Lopes C., Graça J., Reyes M., Barriguinha a., y Braga R. (2016). *Autonomous hybrid gps/reactive navigation of an unmanned ground vehicle for precision viticulture* - VINBOT.

Toyama S. y Yamamoto G. (2009). Development of Wearable-Agri-Robot mechanism for agricultural work.

Araque G. (2018). Modelo de adquisición de datos para automatización agrícola aplicado a *Smart Farming*.

SITIOS WEB

El universal, 2013, El campesino colombiano. http://www.eluniversal.com.co/opinion/buzon/el-campesino-colombianopara-comenzar-estamos-seguros-de-que-no-es-igual-el-concepto consultado: 3 de agosto 2018.

El tiempo, 2016, Uso del suelo en Colombia. http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16601436 consultado: 3 de agosto 2018.

Casa de la calidad o Función de despliegue de la Calidad. http://www.gestiondecalidadtotal.com/casa_de_la_calidad.html consultado: 4 de agosto 2018.

Robot agrícola Summit XL https://www.robotnik.es/servicios-de-robotica-proyectos/aplicaciones-moviles/agricultura/