

## Modelo Workflow para el control de robot móviles

Workflow model for mobile robot control



**JUSTO SARABIA AGÁMEZ,**  
*Ingeniero de Sistemas*  
*Magister en Ingeniería de Sistemas y*  
*Computación*

**JOSUE RIVERA MUÑOZ,**  
*Ingeniero de Sistemas*  
*Especialista en Redes*

**LUIS MURILLO FERNÁNDEZ,**  
*Ingeniero Electricista*  
*Especialista en Informática Industrial*

**KATIA DÍAZ PADILLA,**  
*Ingeniero de Sistemas*

**VANESSA QUINTANA RINCÓN,**  
*Ingeniero de Sistemas*

**RESUMEN:** Se describe el diseño e implementación de un modelo Workflow para el control de un robot móvil ó cualquier tipo de máquinas utilizando una arquitectura distribuida, con la finalidad de disminuir los niveles de complejidad en el control de dichos procesos, ya que cada vez, que se desencadena una funcionalidad arrastra consigo la construcción de nuevo proceso, con igual o mayor complejidad que el anterior. Este logro se alcanza mediante la implementación de motores Workflow, que posteriormente son modelados y luego se desencadenan en una secuencia de pasos, para posteriormente ser transformados en procesos Workflow. En este documento se ha detallando un análisis de los beneficios de las tecnologías implementadas en el desarrollo de este proyecto.

**PALABRAS CLAVE:** workflow, robots móviles, motores workflow, arquitectura distribuidas.

**ABSTRACT:** We describe the design and implementation of a Workflow model for controlling a mobile robot or any type of machines using a distributed architecture, in order to reduce levels of complexity of managing these processes, since every time, a functionality is triggered it leads to the creation of a new process, with equal or greater complexity than the last one .This achievement is reached by implementing Workflow engines, which are then modeled and then trigger a sequence of steps, to later be transformed into Workflow processes. An analysis of the benefits of the technologies implemented in the development of this project has been also detailed in this paper.

**KEY WORDS:** Workflow, mobile robots, workflow machines, distributed architecture.

## 1. INTRODUCCIÓN

El proyecto propone un diseño e implementación de un modelo Workflow, que permite automatizar los procesos de un Robot Móvil ó cualquier otro tipo de máquinas, que utilicen una arquitectura distribuida.

La tecnología workflow se encarga de guiar y controlar de forma automática a todos los componentes de un proceso de negocio: personas, tareas, documentos, normas y ordenadores, gracias a la ejecución de un software instalado en una red y cuyo orden de ejecución lo controla una representación automatizada del proceso de negocio [1]. En la actualidad la mayoría de las Industrias, están implantando sistemas de workflow con el fin de conseguir enlazar sus procesos de fabricación y de negocio con sus sistemas de información.

En el contenido de este documento se ha detallado un análisis de las formas y los beneficios de implementar Workflow, proponiendo disminuir los niveles de complejidad en el control de dichos procesos ya que cada vez que se desencadena una funcionalidad arrastra consigo la construcción de nuevo proceso, con igual o mayor complejidad que el anterior.

Las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) juegan un papel muy importante dentro de cualquier organización hoy día, debido a un sin número de beneficios que proporcionan a cada una de sus diferentes áreas o dependencias. Por tal motivo, hace algunas décadas las organizaciones han optado por tener automatizados sus procesos de negocios, de tal manera que cada una de las tareas que se realizan se puedan ejecutar de una mejor manera, permitiendo además un crecimiento de sus negocios a escalas mundiales y que sus sistemas de cómputos no tengan por qué sufrir cambios radicales.

En sus inicios, cuando se empezaron a utilizar las TICs en los negocios, las organizaciones se centraron en actividades tales como registros en stock, transacciones, gerencia de relaciones comerciales, selección de proveedores, etc. Enfrentándose más tarde al problema de duplicaciones de datos, lo cual trajo consigo la generación de inconsistencias, descoordinaciones y errores en los diferentes procesos del negocio; peor aún, los modelos y las bases de datos eran inexistentes o incompatibles. Esto fue producto de la implementación de TICs a nivel de divisiones independientes; conllevando a la situación en que la administración con computadoras era casi tan tediosa y propensa a errores como la administración sin ella.[2]

Estos mismos problemas que se presentan en los procesos a nivel empresarial también se evidencian cuando se trata de automatizar los procesos de máquinas tal como es el caso específico de los Robots Móviles, lo que eleva el control a un nivel de complejidad extremo, ya que cada vez, que se desencadena una funcionalidad arrastra consigo la construcción de nuevos procesos, con igual o mayor complejidad que el anterior, lo cual representa un aumento significativo en los esfuerzos del equipo de desarrollo.

En esto se centra el problema de investigación: en encontrar una tecnología que facilite el control de los procesos de un Robot Móvil o de cualquier otro tipo de máquinas.

El presente artículo esta organizado de la siguiente manera, primero se inicia con un recuento de la tecnología workflow, su clasificación y se aborda una explicación acerca de los workflow que hacen parte del modelo para el control de la plataforma móvil, luego se brinda una visión generalizada sobre la

tecnología Windows Presentation Foundation, que fue utilizada para el diseño de la Interfaces Gráficas de Usuarios de la aplicación mWf, seguido se realiza una descripción de la estructura de la plataforma móvil utilizada para probar el modelo workflow propuesto. Finalmente se muestran las distintas pruebas de la aplicación software, como además sus aportes y conclusiones del trabajo de investigación tratado en este documento.

## 2. WORKFLOW

La coalición WFMC (Workflow Management Coalition) define Workflow como: "la automatización, total o parcial, de los procesos de negocio, que involucra el transporte de documentos, información o tareas de un participante a otro, de acuerdo a un conjunto de reglas establecidas para conseguir el objetivo global del negocio". En esta definición se utiliza el concepto de proceso de negocio considerándolo como el "Conjunto de actividades ejecutadas por usuarios humanos o por aplicaciones software que constituyen los pasos a ser completados para conseguir un objetivo de negocio concreto" [3].

### 2.1 Tipos De Workflow

"El flujo de trabajo es algo más que un enfoque de la gestión del cambio. Es también un conjunto específico de métodos y tecnologías que representan un enorme swing en las herramientas y métodos utilizados para apoyar un proceso de negocio "[4]. Flujo de trabajo puede aplicarse a cualquier combinación de cuatro métodos de desarrollo y tres modelos de procesos. La intersección de estos métodos y modelos, que se describen en [4], representa el tipo específico de aplicación y se representan en la Figura.1.

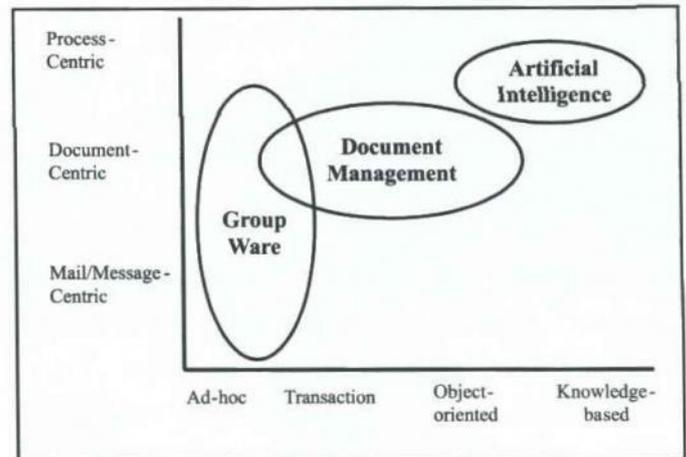


Figura. 1: Workflow de trabajo [3].

**2.1.1 Workflow ad-hoc:** Este modelo se caracteriza por la falta de consistencia para justificar el esfuerzo de la creación de transacciones estructuradas. Esto significa que el proceso puede ser tan volátil que una definición estándar de cualquier norma establecida se considera inútil. Las aplicaciones de este tipo de modelo están destinadas a la ejecución de altos procesos individualizados para cada documento, de manera que un usuario final puede crear o modificar un proceso [5].

**2.1.2 Transacción basada en Workflow:** El aspecto distintivo de este modelo es el elevado volumen de tareas repetitivas y de poca variación entre los casos, el rendimiento es la principal preocupación. Este tipo de modelo está pensado para aplicaciones altamente estructuradas, incluyendo tareas largas y complejas.

**2.1.3 Workflow orientado a objeto:** Con el uso de objetos es posible tener instancias de un proceso de flujo de trabajo. El principal beneficio de esto es que cada instancia o caso puede seguir en una ruta separada a través de un proceso de negocio, aunque el mismo modelo de negocio se esté utilizando. Cuando hay cambios en el proceso de normas, sin un enfoque orientado a objeto es necesario esperar hasta

que todos los trabajos actuales en curso estén completados antes de hacer cualquier cambio, de otra forma, las instancias o casos no son afectados porque cada documento es un objeto reservado con su propio conjunto de reglas de flujo de trabajo.

En este tipo de modelo la aplicación utiliza la estadística, heurístico y / o mecanismos de inferencia para deducir la rutina correcta, la programación, rutina de excepción y la asignación de recursos; los agentes inteligentes también se utilizan en virtud de este modelo porque pueden realizar tareas de flujo de trabajo, incluso si el usuario responsable no está disponible. Todos estos mecanismos alivian los problemas inherentes a la previsión de cada regla y variables que pueden influir en un proceso del negocio [6].

## 2.2 Workflow Management System (WMS)

Un WMS es "un sistema que define, crea y gestiona la ejecución de flujos de trabajo (workflow) mediante el uso de software, siendo capaz de interpretar la definición del proceso, interactuar con los participantes y, siempre que se requiera, invocar el uso de herramientas y aplicaciones" [7].

De la definición anterior se desprenden dos actividades concretas, por un lado la definición del workflow que representa el proceso de negocio y por otro la ejecución del mismo. Si bien el proceso es el componente principal, existen también otros aspectos que se deben considerar, tales como la interacción con los usuarios en aquellas tareas que requieren de intervención del mismo y la invocación de servicios externos por parte de las tareas para poder cumplir sus objetivos.

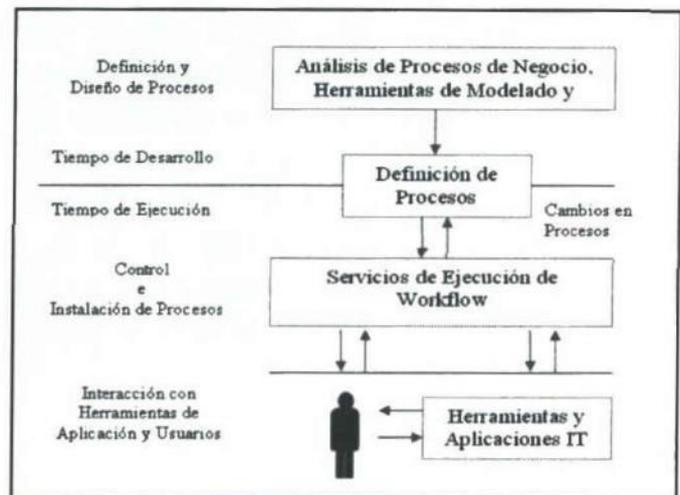


Figura. 2: Workflow Management System [7]

Los WMS pueden ser implementados de diferentes formas como resultado de la utilización de diferentes tecnologías y plataformas. Pueden ir desde un pequeño grupo de trabajo a una gran organización. No obstante, todos los WMS exhiben ciertas características comunes. En el nivel más alto, todos los WMS pueden ser caracterizados por proveer tres áreas de funcionalidad:

**2.2.1 Funciones de tiempo de Construcción (Build-time functions):** dedicadas a la definición y modelado de un proceso, junto con todas sus actividades concernientes.

**2.2.2 Funciones de control en tiempo de ejecución (Run-time control functions):** las cuales controlan el proceso en el ambiente de ejecución, llevando a cabo cada tarea (o actividad) definida como parte del proceso.

**2.2.3 Funciones de interacción en tiempo de ejecución (Run-time interaction):** las cuales interactúan con los usuarios o aplicaciones externas para que los participantes del proceso puedan llevar a cabo sus tareas.

### 2.3 Windows Workflow Foundation

Windows Workflow Foundation proporciona un marco general para definir el flujo de trabajo, en aplicaciones de Microsoft Windows, ya que este trata de coordinar las interacciones entre los flujos de trabajo de software, las interacciones entre las personas, o ambos.

A continuación se muestran como a través de la implementación de Windows Workflow Foundation se representan los procesos de las 3 maniobras (Encontrar Salida, Evadir, LlegarXY) que ejecutará el Robot Móvil, estos en base a la implementación previa de los movimientos (Adelante, Avance\_Derecha, Avance\_Izquierda, Derecha, Detener, Encontrar\_Salida, Evadir, Izquierda, Retroceder, Retroceder\_Derecha, Retroceder\_Izquierda) también implementados en Windows Workflow Foundation.

**2.3.1 Maniobra Encontrar\_Salida:** En la implementación de la maniobra Encontrar Salida, el robot móvil se ubicara en un recinto con una sola salida y este estará en la capacidad de hallarla y posteriormente ubicarse fuera del recinto; esta maniobra la ejecutara mediante la siguiente secuencia:

Inicialmente el Robot empieza tomando mediciones mediante el movimiento retroceder a la derecha y estas son almacenados en una matriz para su posterior comparación y selección de la mayor distancia no visitadas. Una vez el robot ha realizado el barrido, avanza hacia el punto mayor y lo marca como visitado, con la finalidad de no volver al mismo punto. Este procedimiento se realiza hasta encontrar la salida del recinto.

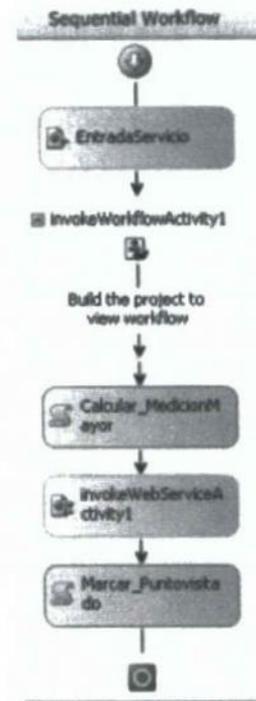


Figura 3. WEncontrarSalida

**2.3.2 Maniobra Evadir:** La maniobra Evadir, permite que el robot móvil realice maniobras de evasión de obstáculos en un recinto donde se encuentran objetos dispersos a su alrededor evitando colisionar con estos.

Si es robot percibe un objeto cerca de él con el sensor de mayor alcance, este inmediatamente confirmara la distancia con el sensor de menor alcance realizando un barrido de 180° sobre la zona, este barrido esta dividido en 2 pequeños barridos de 90°, a la derecha y 90° a la izquierda en los que el robot va almacenado las mediciones de cada sentido, para luego estimar mediante las siguientes condiciones:

Si el ancho que encontró en la derecha es mayor o igual al del ancho de referencia del Robot, este se desplaza por este sentido; pero si el ancho de la derecha es menor, el robot pasa a evaluar el ancho de la izquierda, si este es mayor o igual a la referencia del

Robot se desplaza por este sentido; pero si el Robot realiza ambas consideraciones y ninguna se cumple, este realiza el movimiento de retroceso.

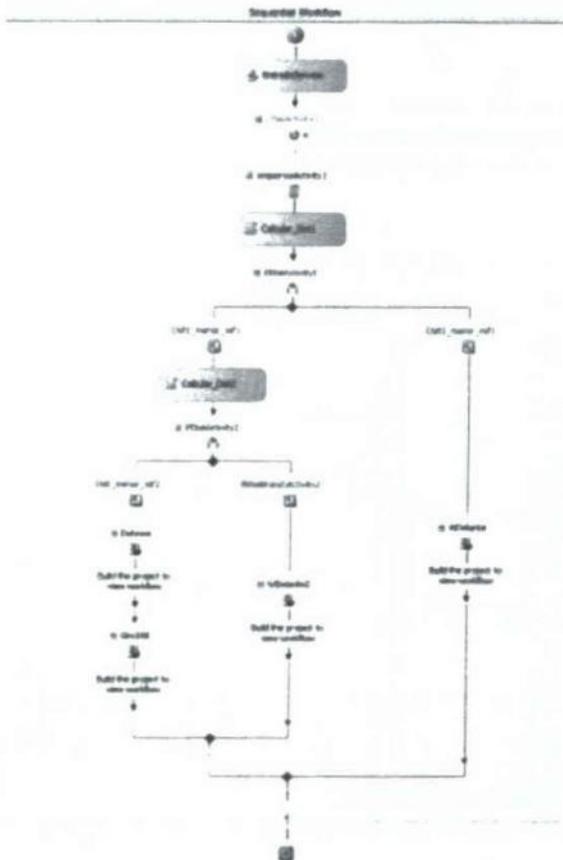


Figura 4. Wevadir

**2.3.3 Maniobra MoverXY:** Esta maniobra requiere tener en cuenta que el punto de Partida del Robot Móvil es en el centro del eje, es decir la coordenada (0,0) y que el sistema solo recibirá coordenadas rectangulares exactas, un punto compuesto por la abscisa y ordenada (X, Y) que posteriormente el Workflow debe convertir en coordenadas polares, compuestas por un ángulo y una distancia. De esta forma el Robot hará un giro en el grado resultante, y avanzara hacia delante hasta que sus motores de rueda le indiquen que ha conseguido la distancia indicada.

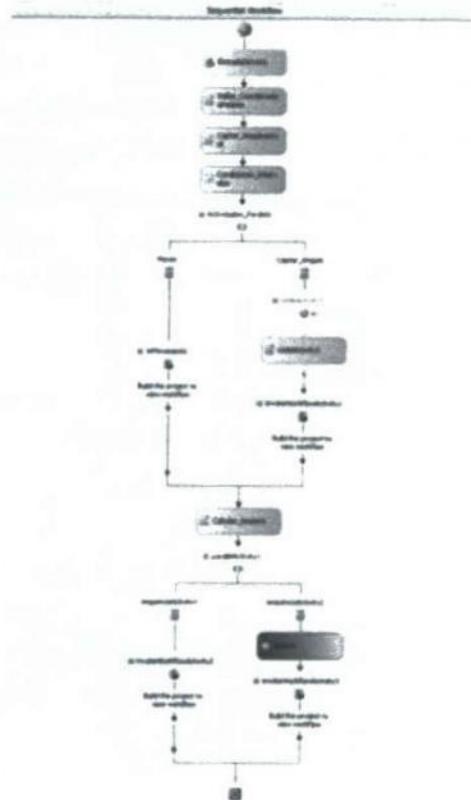


Figura 5 WEncontrarSalida

### 3. WINDOWS PRESENTATION FOUNDATION (WPF)

Es un subsistema gráfico de .NET Framework 3.0 (antes llamado WinFX), que utiliza un lenguaje de marcas, conocido como XAML, que posee una rica interfaz de usuario para el desarrollo. WPF ofrece un modelo de programación para crear aplicaciones y proporciona una separación clara entre la interfaz de usuario y la lógica del negocio. Una aplicación WPF puede ser desplegada en el escritorio o alojadas en un navegador web. También permite el control, diseño y desarrollo de los aspectos visuales de los programas de Windows. Su objetivo es unificar una serie de servicios de aplicación: la interfaz de usuario, la animación, el enlace de datos, audio y video. [8] En las imágenes adjuntadas a continuación (Figura. 3,

Figura. 4) se ilustran la interfaz diseñadas y desarrolladas en WPF.

### 3.1 Interfaz Gráfica mWf MobileWorkflow

La aplicación MobileWorkflow mWf, es un sistema que no requiere de conocimientos de programación para su uso, es de fácil entendimiento. Además es accesible para todo tipo de usuario, debido a que no posee privilegios de accesibilidad.

La interfaz está dividida en un encabezado, con el nombre de la aplicación y un contenedor en el que se encuentra un TabControl con 2 TabItem, el primero es el panel de configuración y el segundo es el panel de configuración de maniobras y visualización.

En el panel de configuración, el usuario podrá gestionar la configuración del puerto, las direcciones a las que están conectados cada uno de los dispositivos y las unidades en que queremos que sean expresadas las lecturas.



Figura 6. Panel de Configuración

En el panel de configuración de maniobra y visualización el usuario tendrá la opción de seleccionar la maniobra a ejecutar por el Robot,

conjuntamente deberá gestionar ciertos parámetros como lo son la velocidad, la cual podrá configurar con solo el desplazamiento del Slider, dependiendo de la maniobra seleccionada, el usuario tendrá que gestionar los campos de Nmedida (Número de medidas), Referencia, Ref\_Ancho, X, Y.

Este panel además contiene un área de visualización de los datos arrojados por el sistema, y un área donde se visualiza la representación de la maniobra realizada por el Robot.



Figura 7. Panel de Config. Maniobra y visualización

### 4. WEB SERVICE

Los Web Services permite la comunicación entre aplicaciones o componentes de aplicaciones de forma estándar a través de protocolos comunes, como lo es http y de manera independiente al lenguaje de programación, plataforma de implantación, formato de presentación o sistema operativo [9].

Un Web services es un contenedor que encapsula funciones específicas y hace que estas funciones puedan ser utilizadas en otros servidores [10]. Estos están basados en XML, que es un lenguaje abierto,

son auto descriptivos, pueden buscar registros de otros Web services. Se diferencian de otros sistemas distribuidos tradicionales.

#### 4.1 Convertir un WorkFlow en Web Service

Antes de iniciar se deben tener los workflows que se van a convertir en Servicios Web en una Librería de WorkFlow, y posteriormente realizar los siguientes pasos:



Figura 8. Cuadro de dialogo de inicio

1. Iniciar Visual Studio.
2. Crea un archivo de tipo Code File, ubicado en project-Add New Item-Code-Code File. Figura 8 Ventana de creación CodeFile.

Este archivo Code File nos sirve de interface para llamar a los WorkFlow cuando se conviertan en Servicios Web. En este definimos métodos cuyos parámetros de entrada sean igual a las propiedades de entrada de los WorkFlow y sus parámetros de salida a las salidas del WorkFlow.

3. Al inicio del workflow añadir una actividad del tipo webServiceInputActivity, como se ilustra en la figura3 WEncontrarSalida.

4. Seleccione la actividad webserviceInputActivity en este caso llamada (EntradaServicio) y en la ventana de propiedades establezca las propiedad IsActivating=true.
5. En la misma ventana establezca InterfaceType (puede oprimir el botón punteado derecho para acceder al navegador de tipos) para asignar el CodeFile a llamar. En el ejemplo InterfaceType= CFWEncontrarSalida.
6. En la propiedad MethodName asignar el nombre del método que se invocara una vez se cargue el WorkFlow, en este caso (MethodName= EncontrarSalida).
7. Asigne todas las variables de entradas que se especifican en esta ventana. Si usted a seguido correctamente estos pasos su ventana debe verse de la siguiente forma:

(Name)	EntradaServicio
Description	
dirBruzula_CMP503	@ Activity=Encontrar_Salida, Path=DirBruzula_CMP503
dirMotorMD23	@ Activity=Encontrar_Salida, Path=DirMotorMD23
dirSonar_Srf02	@ Activity=Encontrar_Salida, Path=DirSonar_Srf02
Enabled	True
InputReceived	
InterfaceType	CFWEncontrarSalida
IsActivating	True
MethodName	EncontrarSalida
puertoBruzula_CMP503	@ Activity=Encontrar_Salida, Path=PuertoBruzula_CMP503
puertoMotorMD23	@ Activity=Encontrar_Salida, Path=PuertoMotorMD23
puertoSonar_Srf02	@ Activity=Encontrar_Salida, Path=PuertoSonar_Srf02
Roles	
uniSonar_Srf02	@ Activity=Encontrar_Salida, Path=UniSonar_Srf02
velMotorMD23	@ Activity=Encontrar_Salida, Path=VelMotorMD23

Figura 9 Ventana de Propiedades Web Service

8. Seguidamente damos clic derecho sobre el proyecto (Repositorio de WorkFlow) y seleccionamos la opción Publish as Web Service.

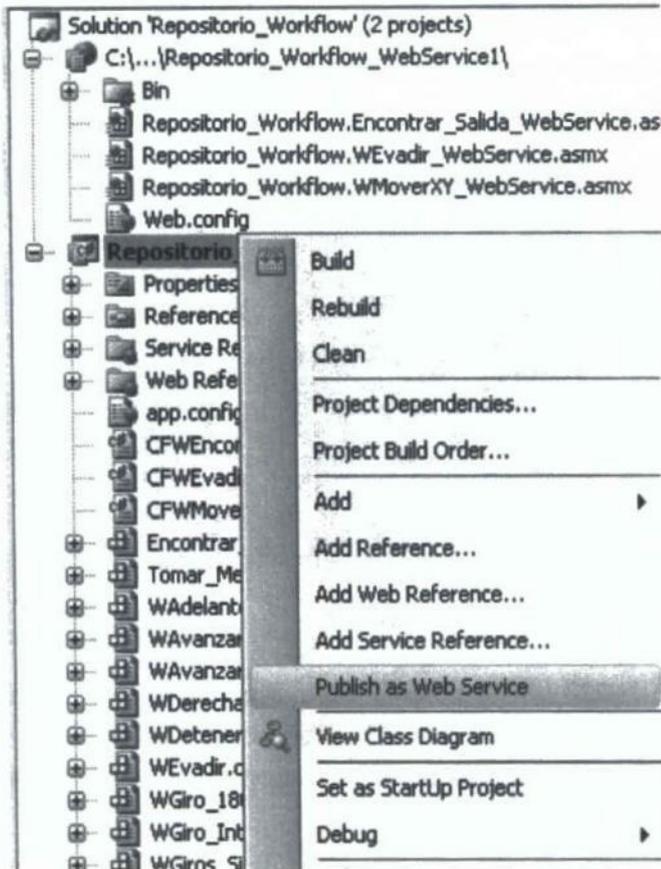


Figura 10. Publish as Web Service

9. Visual Studio, entonces creará un nuevo proyecto de ASP.NET y le deberá mostrar la siguiente pantalla de confirmación.

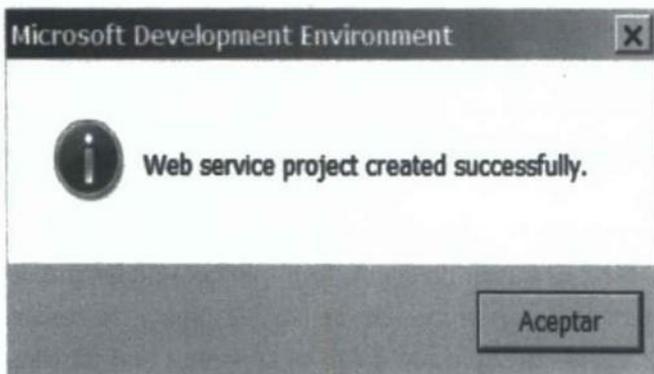


Figura 11 Mensaje de confirmación

10. Inmediatamente quedan publicados los Workflow's como servicio, si deseamos podemos dar clic derecho sobre el proyecto y seleccionamos la opción view in browser, y desde allí podemos observar las direcciones de cada servicio.

## 5. PLATAFORMA MÓVIL

Los robots son dispositivos compuestos de sensores que reciben datos de entrada y que pueden estar conectados a la computadora. Esta, al recibir la información de entrada, ordena al robot que efectúe una determinada acción. [11]

### a) Partes Del Robot

El robot cuenta con las siguientes partes:

**Armazón:** Parecido al esqueleto en el ser humano, puesto que esta parte es la encargada de soportar los componentes, puede ser de madera, aluminio, etc. El tamaño depende de la tarea que se desea realizar y la cantidad de componentes que este posea.

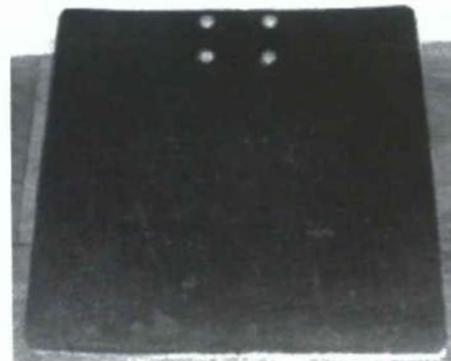


Figura 12. Armazon

**Sensores o captadores de estímulos:** Estos son los que le permiten captar los estímulos de su entorno, distancia, detección de obstáculos, encontrar la salida, para ello se ha implementado los siguientes componentes.

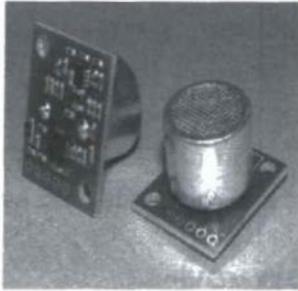


Figura 13. SRF02 medidor



Figura 14. SRF235 sensor ultrasonidos

**Motores o actuadores:** Estos le permiten actuar para desempeñar la tarea encomendada, los motores le permiten moverse, desplazarse para lograr su finalidad.



Figura 15.  
Motores EMG30



Figura 16.  
Ruedas de los motores

**Tarjeta de control:** Hace las veces del cerebro del

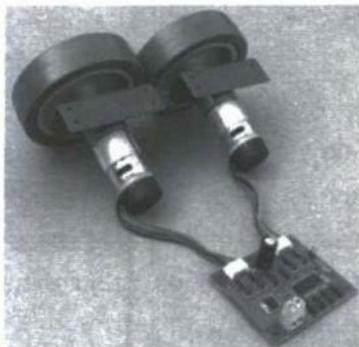


Figura 17.  
Motores EMG30  
y Ruedas conectadas  
a la tarjeta de control

robot, es un sistema basado en un microcontrolador que una vez programado permite al robot cumplir con el objetivo de la aplicación.

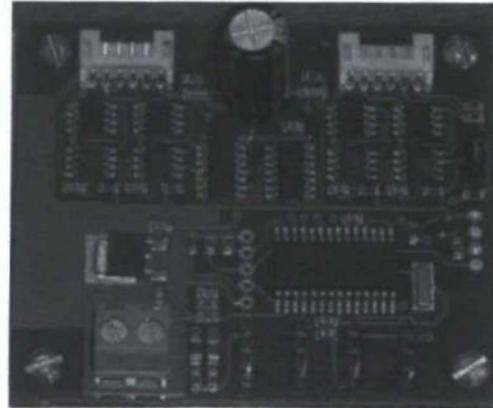


Figura 18. Tarjeta de control MD23

El MD23 es un potente circuito controlador dual de motor a través de bus I2C, diseñado para su uso con el motor EMG30 (Motor DC reductor 12 voltios 170 RPM con codificador).

### b) Construcción De La Plataforma Móvil

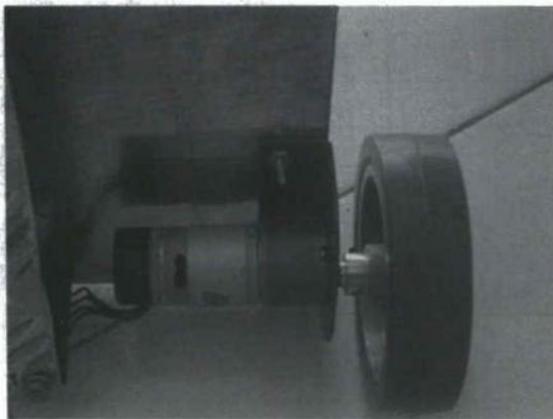
#### Estructura Mecánica

Esta plataforma robótica móvil contiene un mecanismo de tracción-dirección en las ruedas delanteras y una rueda libre la cual se mueve siguiendo el sentido de las 2 ruedas delanteras. Este mecanismo de tracción-dirección consiste en que estas ruedas delanteras permiten controlar la aceleración y al mismo tiempo la dirección en la cual se dirige la plataforma.

Básicamente esta plataforma esta compuesta por 2 niveles: El primer nivel esta formado por una lámina de aluminio con una medida de 10 x 21cms y de calibre 12, que esta separada del nivel superior por 4 tornillos separadores de 1/8 x 3/4 a una distancia de 5 cm. Los motores tienen un eje de salida de 5mm de diámetro,

permitiéndole a las ruedas de 10cms encajar perfectamente en el casquillo.

Para el montaje de los motores se utilizó un soporte de una lámina en L de 7.5 cm de largo, 4.5 cm de alto y 2.5 cm de ancho diseñado para este motor, que fija los motores por 4 tornillos de 1/8 x 1/2, a la lámina del nivel superior. Tal como se ve en la figura 19. Estos motores se encuentran ubicados en forma opuesta en los extremos de la lámina superior a 30 cms de distancia.



**Figura 19. Motores fijados a la lámina**

Igualmente en este nivel se encuentra la tarjeta controladora MD23 fijada con 4 tornillos de 1/8 x 1/2, a la lámina del primer nivel, como se muestra en la siguiente figura 20. Y el circuito I2C se fija mediante cinta doble faz, permitiendo adherirlo a la lámina. Terminando con el montaje del primer nivel se colocó



**Figura 20. Tarjeta MD23 fijada a la lámina**



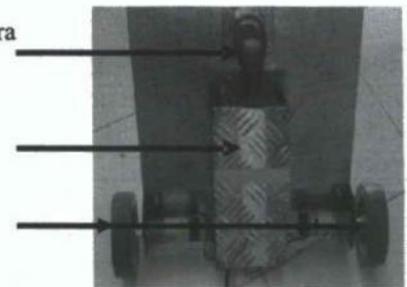
**Figura 21. Circuito I2C fijado a la lámina**

una rueda libre con un radio de 3cm, la cual esta en la parte trasera sujeta con 4 tornillos de 1/4 x 3/4, a la lámina del nivel superior, por último tenemos ubicado un juego de 10 baterías recargables tipo NiMh de 1.2v 2300 mAh cada una, formando un banco de baterías de 12v 2.3Ah, que se encargan de la alimentación de los motores, estas baterías van fijadas en la lámina del primer nivel mediante una cinta velcro, para facilitar su desmontaje cuando requieran ser cargadas. Terminando así la construcción del primer nivel como muestra la figura 22.

Rueda libre trasera de la plataforma

Lamina de Primer Nivel

Ruedas delanteras de la plataforma



**Figura 22 Primer Nivel de la Plataforma**

Y terminando con el montaje de la plataforma robótica móvil se coloca el PC portátil sobre la lámina de caucho.

La conexión del circuito USBI2C y el PC portátil ubicado en el nivel superior, se da mediante un cable USB con conector tipo A en un extremo y tipo B en el otro. Por último la figura 23 muestra la plataforma totalmente armada.

**Figura 23 Plataforma robótica móvil**



**6. PRUEBA DEL SISTEMA MWF**

**a. Comunicación entre el Repositorio WorkFlow (Web Service) y el Repositorio de Interfaces**

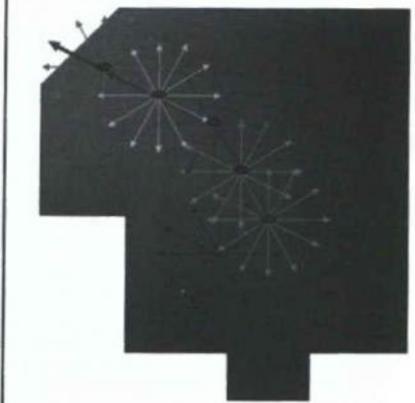
*Tabla 1. Prueba de comunicación entre las repositorios Workflow y de Interfaces.*

<b>Nombre de la Prueba</b>	<b>Probar la comunicación entre el Repositorio WorkFlow (Web Service) y el Repositorio de Interfaces</b>
<b>Objetivo</b>	Establecer la comunicación entre el Robot y la interfaz gráfica de usuario
<b>Objetos sobre los que se realiza la prueba</b>	La aplicación mWf MobileWorklow La plataforma móvil RobotPC
<b>Procedimiento</b>	Desde la interfaz gráfica de usuario creada en WPF, se envía una orden sencilla de ejecutar, como ir adelante y se comprueba si el robot la recibe y ejecuta.
<b>Resultados</b>	Se obtuvo que el robot si recibe las ordenes desde la interfaz gráfica de usuario y las ejecuta.
<b>Ambiente</b>	El robot se debe ubicar sobre un área amplia y despejada

**b. Laberinto Encontrar Salida**

*Tabla 2. Prueba de ejecución de laberinto encontrar salida.*

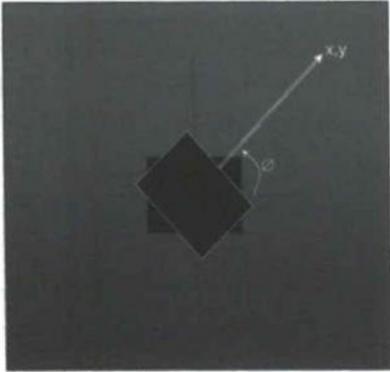
<b>Nombre de la Prueba</b>	<b>Probar la ejecución del laberinto Encontrar Salida</b>
<b>Objetivo</b>	El Robot debe salir del recinto en donde se encuentre
<b>Objetos sobre los que se realiza la prueba</b>	La aplicación mWf MobileWorklow La plataforma móvil RobotPC

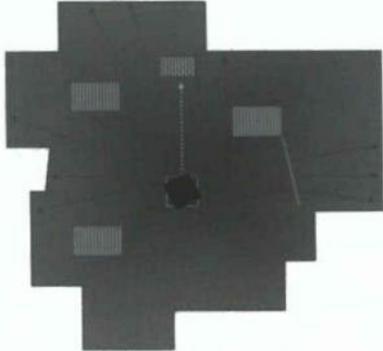
<b>Procedimiento</b>	Desde la interfaz gráfica de usuario creada en WPF, se escoge la opción de maniobra Encontrar Salida, a continuación se especifica n los parámetros de Entrada y se inicia la secuencia, y se verifica la llamada al servicio para que el robot ejecute la maniobra Encontrar Salida
<b>Resultados</b>	Se obtuvo que el robot si puede ejecutar la maniobra de Encontrar Salida, y sigue todos los pasos tal como se estableció en el Workflow.
<b>Ambiente</b>	El robot se debe ubicar en un recinto despejado, con una sola salida 

**c. laberinto MoverXY**

*Tabla3. Prueba de ejecución de laberinto moverXY.*

<b>Nombre de la Prueba</b>	<b>Probar la ejecución del laberinto MoverXY</b>
<b>Objetivo</b>	El Robot debe llegar a una ubicación definida por un punto x,y
<b>Objetos sobre los que se realiza la prueba</b>	La aplicación mWf MobileWorklow La plataforma móvil RobotPC
<b>Procedimiento</b>	Desde la interfaz gráfica de usuario creada en WPF, se selecciona la opción de maniobra MoverXY, a continuación se especifican los parámetros de Entrada y se inicia la secuencia, y se verifica la llamada al servicio para que el robot ejecute la maniobra MoverXY

<b>Resultados</b>	Se obtuvo que el robot si puede ejecutar la maniobra de MoverXY, y sigue todos los pasos tal como se estableció en el Workflow.
<b>Ambiente</b>	El robot se debe ubicar en un recinto despejado 

<b>Ambiente</b>	El robot se debe ubicar en un recinto con obstáculos 
-----------------	---

#### d. laberinto Evadir

Tabla 4. Prueba de ejecución de laberinto encontrar Evadir

<b>Nombre de la Prueba</b>	<b>Probar la ejecución del laberinto Evadir</b>
<b>Objetivo</b>	El Robot debe ser capaz de evadir todos los obstáculos a los que se aproxime dentro de un recinto.
<b>Objetos sobre los que se realiza la prueba</b>	La aplicación mWf MobileWorklow La plataforma móvil RobotPC
<b>Procedimiento</b>	Desde la interfaz gráfica de usuario creada en WPF, se selecciona la opción de maniobra Evadir, a continuación se especifican los parámetros de Entrada y se inicia la secuencia, y se verifica la llamada al servicio para que el robot ejecute la maniobra Evadir
<b>Resultados</b>	Se obtuvo que el robot si puede ejecutar la maniobra de Evadir, y sigue todos los pasos tal como se estableció en el Workflow.

### 7. APORTES

Este proyecto aporta una nueva aplicación de la tecnología Workflow para el control de las maniobras de un Robot Móvil, la cual es una contribución a las investigaciones en el área de la Ingeniería de Software y la Automatización y Robótica, como a las investigaciones que se han realizado previamente acerca de la aplicabilidad extendida de esta tecnología a cualquier aspecto que se pueda representar como un proceso.

Con base al desarrollo de este proyecto de investigación se ha demostrado una gran cantidad de beneficios y ventajas de implementar la tecnología Workflow, destacando sobre todo la capacidad de modificación de la definición del proceso y la gestión integral que permite la supervisión y control del estado de las actividades del Robot de forma continua y constante.

A nivel organizacional se ha demostrado que se pueden realizar procesos de negocios a través de Robot Móviles, independientemente de que estos sean automatizados en alto o en bajo nivel, sin embargo estos procesos son vistos de manera

independiente. Con la automatización a través de la tecnología Workflow se solucionaría esta situación, debido a que se podría llegar a integrar conjuntamente todos los procesos de la organización y facilita el control del estado de estos procesos, como se mencionaba anteriormente.

## 8. CONCLUSIONES

Ante la culminación de este proyecto se pudo obtener como principales conclusiones:

El modelo workflow propuesto para el control de un robot móvil fueron verificados y validados mediante la implementación de una aplicación software que ejecuta los workflows establecidos en mencionado modelo, sobre una plataforma de robot móvil, el modelo fue construido aprovechando las herramientas que se encuentran hoy en el mercado como fue el caso particular de Windows Workflow Foundation y Windows Presentation Foundation (WPF) las cuales permitieron realizar una aplicación de manera más óptima y sencilla. Los resultados obtenidos después del proceso de validación fueron totalmente exitoso, se pudo demostrar que si es posible controlar un robot móvil a través de la ejecución de motores workflow de manera menos compleja, que como se realiza tradicionalmente implementando programación de microcontrolador y programación procedimental.

En lo relacionado con la disminución de los niveles de complejidad en el control de los procesos de maniobra y navegación de un robot móvil, Este trabajo demostró que era mas sencillo y menos lioso resolverlo mediante la implementación de motores workflow ya que cada vez, que se desencadena una funcionalidad no se hace necesario arrastra consigo la construcción de nuevo proceso, con igual o mayor complejidad que el anterior. Este logro se alcanzo mediante la

implementación de motores Workflow, que posteriormente fueron modelados y luego se ejecutan en una secuencia de pasos, para ser transformados en procesos Workflow.

## 9. BIOGRAFÍAS

**Justo Sarabia Agámez** nació en Cartagena, Colombia, en 1978. Se graduó de Ingeniera de Sistemas en la Corporación Universitaria Rafael Núñez en el año 2004 y actualmente es candidato de Maestría en Ingeniería de software en la Universidad del Norte (Colombia). Se desempeña como docente del programa de Ingeniería de Sistemas en la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco. Además también está vinculado laboralmente con la Corporación Universitaria Rafael Núñez como Docente del departamento de Ingeniería. Uno de sus principales campos de interés ha sido el Diseño y Desarrollo de Software, la Inteligencia de Negocios y los Sistemas de Control Inteligentes.

**Josue Rivera Muñoz** nació en Cartagena, Colombia, en 1979. Se graduó de Ingeniera de Sistemas en la Corporación Universitaria Rafael Núñez en el año 2004 y como especialista en Telecomunicaciones en 2005 en la Autónoma de Bucaramanga. Actualmente es estudiante de doctorado en Universidad Pontificia de salamanca, en Madrid, España. Actualmente está vinculado laboralmente con la Corporación Universitaria Rafael Núñez como Docente del departamento de Ingeniería. Su campo de interés incluye las redes y telecomunicaciones y la ingeniería del software.

**Luis Murillo Fernández** nació en Cartagena, Colombia, en 1972. Se graduó de Ingeniero Electricista en 1999 en la Universidad Tecnológica de

Bolívar y como especialista en Informática Industrial en 2000 en la Universidad del Cauca. Inicio este año sus estudios de doctorado en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, en La Habana, Cuba. Estuvo laborando en el sector industrial desde 1999 hasta 2004, fecha en la cual se vinculó a la Corporación Universitaria Rafael Núñez como Docente del departamento de Ingeniería. Su campo de interés incluye el desarrollo de sistemas empotrados, los microprocesadores y el Control Inteligente.

**Katia Díaz Padilla** nació en Cartagena, Colombia, en 1988. Es estudiante de último semestre de Ingeniería de Sistemas Corporación Universitaria Rafael Núñez año 2009,. Se desempeña como estudiante tutora y miembro del grupo de investigación en Sistemas NeuroDifusos del programa de Ingeniería de Sistemas en la Corporación Universitaria Rafael Núñez. Uno de sus principales campos de interés ha sido el desarrollo de software y el diseño de modelo workflow.

**Vanessa Quintana Rincón** nació en Cartagena, Colombia, en 1988. Es estudiante de último semestre de Ingeniería de Sistemas Corporación Universitaria Rafael Núñez año 2009,. Se desempeña como estudiante tutora y miembro del grupo de investigación en Sistemas NeuroDifusos del programa de Ingeniería de Sistemas en la Corporación Universitaria Rafael Núñez. Uno de sus principales campos de interés ha sido el desarrollo de software y el diseño de modelo workflow.

## Referencias bibliográficas

- [1] Conty Cago, Carmen; García Moreno, M<sup>a</sup> Antonia. La tecnología del workflow y su aplicación en la industria farmacéutica. Madrid, España; Univ. Complutense de Madrid, 1999, 8 (9): 24-29, 8 ref
- [2] van heijst, gertjan; van der speck, rob y kruizinga, eelco. the lessons learned cycle. information technology for knowledge management. Editorial Springer, 1998.
- [3] Leading Edge Forum Report (2003)  
<http://www.csc.com/features/2003/47.shtml>.
- [4] Thomas M. Koulopoulos. The Workflow Imperative. Van Nostrand Rainhold, New York, USA, 1995.
- [5] César Augusto Marín Pitalúa. Decentralized Execution of Workflow Processes. Using a Multiagent Architecture. MSc. Thesis. Monterrey Institute of Technology. 2005
- [6] Thomas M. Koulopoulos. The Workflow Imperative. Van Nostrand Rainhold, New York, USA, 1995.
- [7] Workflow Management Coalition Members. Workflow Client API Specifications (WAPI). Reporte técnico WfMC-TC-1002, WfMC, Julio, 1998.  
<http://www.wfmc.org/standards/docs/interface2-3.pdf> (2009, Febrero, 20).
- [8] Windows Workflow Foundation  
<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa480215.aspx> [Consultado 5 de Mayo de 2009]
- [9] Gabriel González Suárez. Web Services. Reporte técnico de servicios web.  
<http://homepages.mty.itesm.mx/al450951/home.htm> [Consultado 1 de Mayo de 2009].
- [10] Connie U. Smith, Catalina M. Lladó, Ramon Puigjaner. A Performance Model Web Service. Acceptat per a publicar a The Computer Measurement Group's 2005 International Conference, CMG2005. Decembre 2005.
- [11] Wei Wang , Yan Zhuang and Wei-min Yun Innovative control education using a low cost intelligent robot platform. Acceptat per a publicar a The Cambridge Journals. 13 May 2003