



**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN  
ROBOT MÓVIL PARA ACCESO A LUGARES REMOTOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA  
KINECT**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**AUTORES: MARÍA GABRIELA CHÁVEZ RUGEL  
ÍVAN MARCELO TATAYO SIMBAÑA**

**DIRECTOR: MSc. EDDIE GALARZA  
CODIRECTOR: MSc. DAVID RIVAS**

# OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar e implementar un sistema para el control de un robot móvil para acceso a lugares remotos utilizando tecnología kinect.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una aplicación para la detección del movimiento del cuerpo humano.
- Analizar el lenguaje de programación del SDK del sensor Kinect basado en C#.
- Establecer el control de un Robot Móvil en comunicación Inalámbrica desde el Kinect.
- Comunicar todos los dispositivos de Kinect y Robot Móvil mediante Zigbee.



**KINECT**

# KINECT

- Kinect brinda la oportunidad de jugar con todo el cuerpo, este dispositivo controla cabeza, brazos, piernas, rodillas, cintura, cadera, etc.
- El sensor Kinect puede aislar y grabar sonidos también crear un mapa a profundidad del cuarto, y generar modelos en 3D de rostros humanos y esqueletos.

# APLICACIONES:

- KINECT REHABILITACIÓN.
- APLICACIÓN PARA ENFERMOS DE ALZHEIMER.
- KINECT EN LOS QUIRÓFANOS.
- TURTLEBOT.
- ESPEJO VIRTUAL PARA TIENDAS DE ROPA.

# SENSOR KINECT

# SOFTWARE PARA CONTROLAR EL SENSOR KINECT

- Este software permite a los usuarios utilizar la interfaz de la consola Xbox 360 mediante gestos de las manos y los comandos de voz. (MLM)
- SDK.

# CARACTERÍSTICAS

- Sensor Kinect para Xbox 360
- Windows 7 en sus versiones de 32 ó 64bit
- procesador Dual Core a 2,66 Ghz o superior
- 2 GB de RAM (recomendados 4 GB)
- Visual Studio 2010 Express
- Microsoft .NET Framework 4.0

# ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Cámara de movimiento VGA color: resolución de 640x480 píxeles.
- Cámara de profundidad: resolución de 640x480 píxeles.
- Matriz de cuatro micrófonos
- Campo de vista Campo de vista horizontal: 57 grados
- Campo de vista vertical: 43 grados

- Intervalo de inclinación física:  $\pm 27$  grados
- Intervalo del sensor de profundidad: 1,2 m - 3,5 m
- Sistema de seguimiento esquelético, capacidad de seguir hasta seis personas, incluidos dos jugadores activos
- Capacidad de seguir 20 articulaciones por jugador
- Un sistema de cancelación de eco que mejora la entrada de la voz
- Reconocimiento de voz.

# COMPONENTES HARDWARE

- Cámara RGB
- Sensor de profundidad
- Sensor CMOS de infrarrojos
- Matriz de múltiples micrófonos.
- Luz Led
- Motor



# FUNCIONAMIENTO

- Fue creado para competir con las consolas de última generación con sensores de movimiento para videojuegos multijugador como Wii Remote y Wii MotionPlus así como PlayStation Move, de las consolas Nintendo Wii y Playstation 3.
- Reconoce los gestos del usuario o jugador tales como rostro, voz, movimientos del cuerpo y objetos estáticos dentro del campo visual del Kinect.

- La cámara Kinect sirve para el reconocimiento de la imagen, Tiene dos funcionalidades principales y esenciales, genera un mapa 3D que tiene para su campo visual y reconoce humanos en movimiento con un esquema en escala de grises y de diferentes segmentos de las articulaciones.
- El procesador es capaz de interpretar los movimientos que se registran en los objetos capturados por la cámara de Kinect en eventos con significado que aparecen en pantalla

# ARQUITECTURA

- NUI API
- FLUJO DE DATOS
- SEGMENTACIÓN DE DATOS
- DATOS DE PROFUNDIDAD.
- SKELETAL TRACKING



## ESTANDAR ZIGBEE

# ESTANDAR ZIGBEE

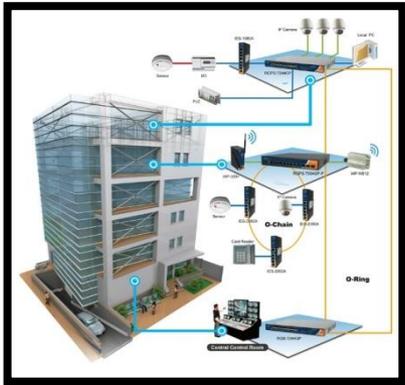
- El estándar Zigbee es una tecnología para redes inalámbricas en el área personal, con estándar de comunicación de la IEEE 802.15.4.
- Transmisión de datos a una frecuencia de 2.4 GHz.
- Tiene una tasa de datos de 250 kbps.
- Corriente de transmisión de 35mA
- Batería de duración de varios años
- Topologías redes malladas, en reposo su corriente es de 3 $\mu$ A.
- Perfecto para automatización.



Red de Sensores

# APLICACIONES ZIGBEE

# Automatización de edificios.



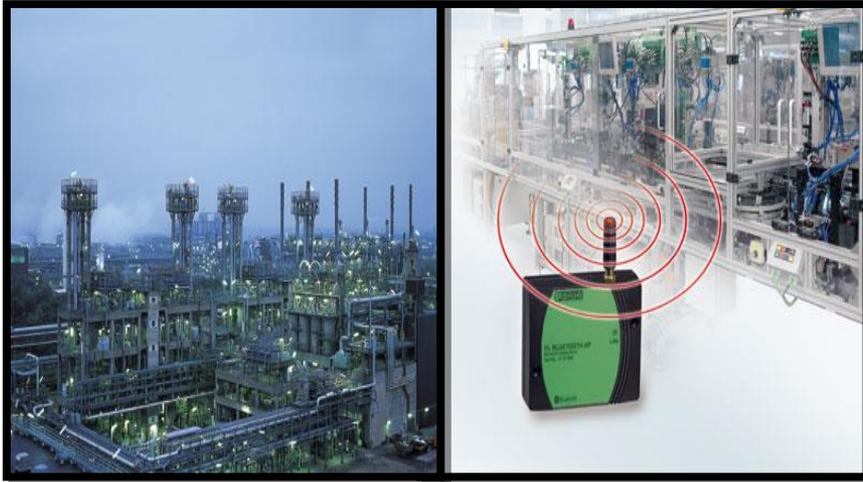
- Control de luces, control de acceso, control de temperatura, seguridad.

# Cuidado de la Salud.

- Dispositivos para seguimiento episódico del paciente.
- Dispositivos para seguimiento continuo del paciente.
- Dispositivos para seguimiento del paciente con alarmas.



# Control Industrial



- Rastreo de equipos.
- control de energía.
- control de procesos.
- control de ambiente.

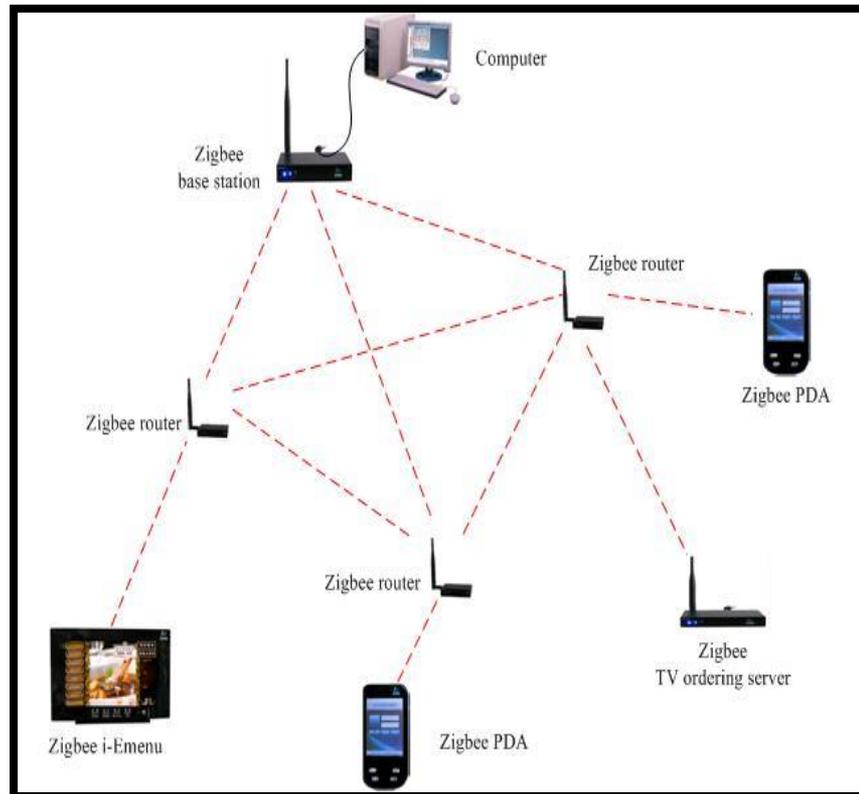
# Automatización de hogar

- Control de iluminación.
- Control de acceso.
- Seguridad.
- Ventilación.
- Irrigación de jardines.



# Telecomunicaciones.

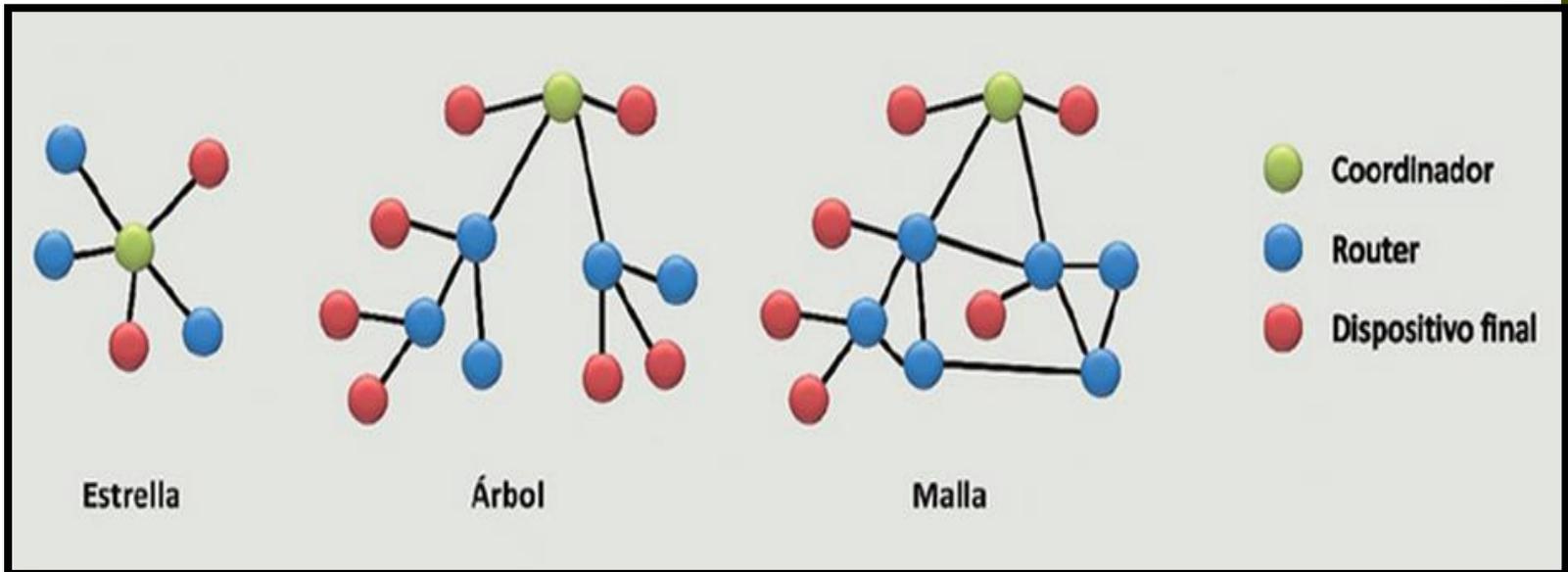
- Servicios de red



# TIPOS DE DISPOSITIVO ZIGBEE

- Coordinador ZigBee
- Router ZigBee
- Terminal o Dispositivo final

# TOPOLOGIAS DE RED



# SEGURIDAD

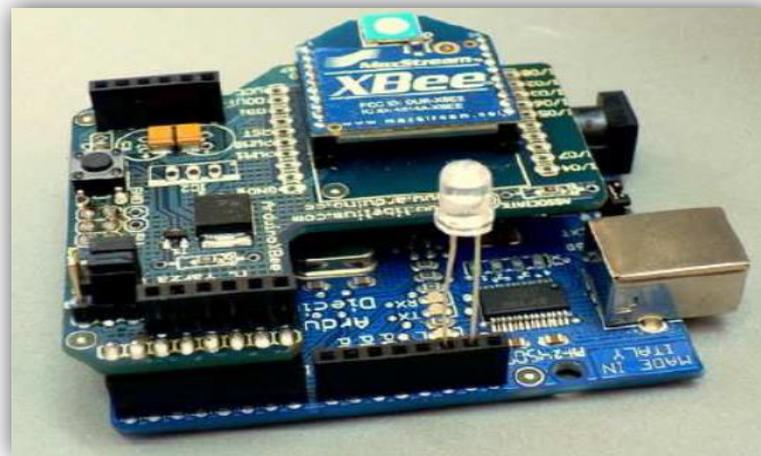
- Control de accesos
- Datos Encriptados
- Integración de tramas
- Secuencias de refresco

# HARDWARE

- Microcontrolador
- E/S Digitales
- Entradas Analogicas
- Salidas Pwm

# SOFTWARE

- El Software es la parte lógica de la Placa Arduino
- Escribimos, Verificamos y Cargamos el programa en la Memoria del Microcontrolador

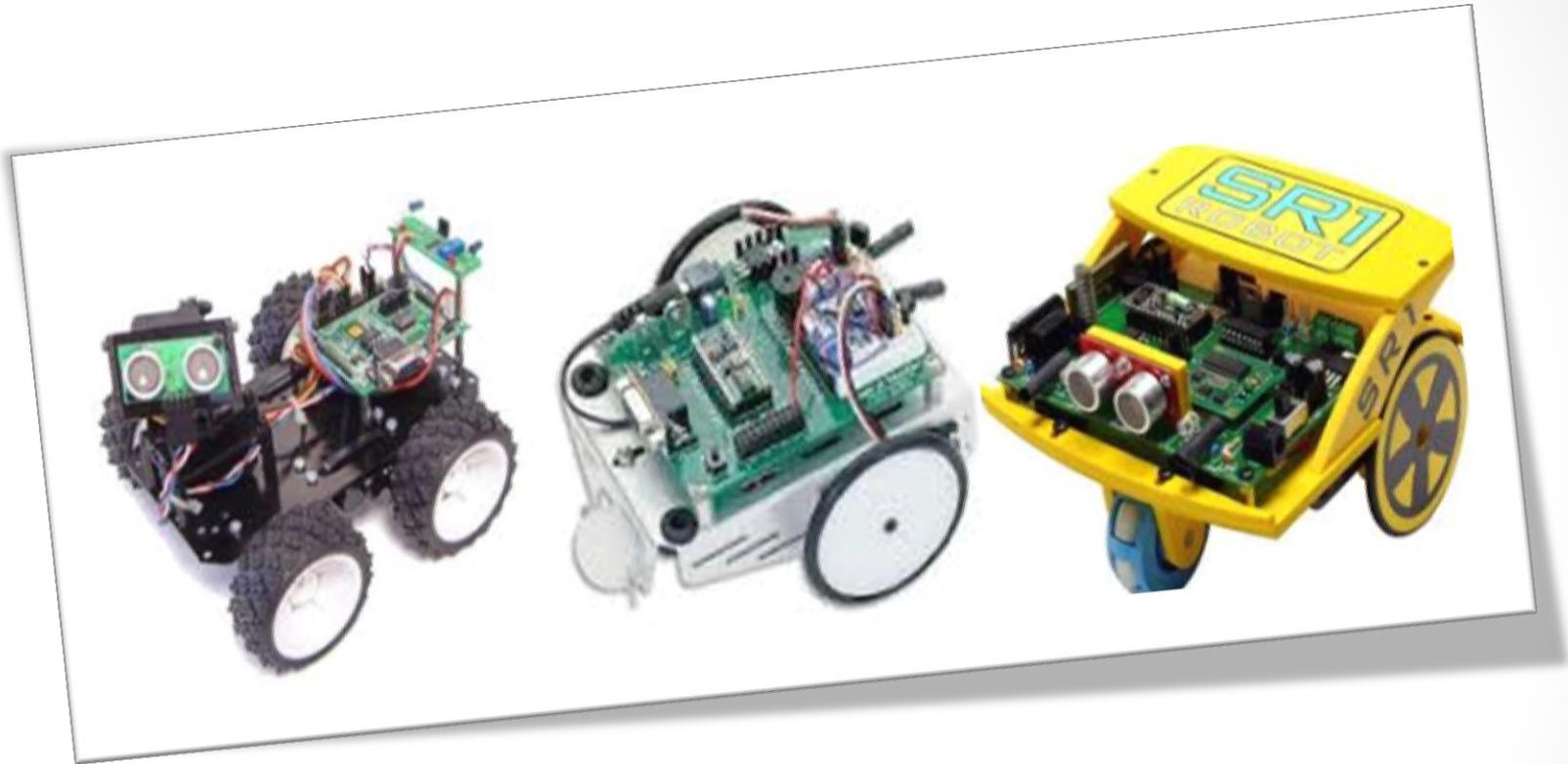


# ARDUINO XBEE SHIELD

# ARDUINO XBEE SHIELD

- El cual es creado para implementar redes de sensores con propiedades de recuperación y bajo consumo de energía.
- Las distancias a las cuales los módulos XBee de MaxStream permiten enlaces seriales de señales TTL son de 30 metros en interiores, 100 metros en exteriores con línea de vista y hasta 1.5 Km con los módulos Pro.





## ROBOT MOVIL

# Robot Móvil.

- Los robots móviles son máquinas preparadas para desplazarse por el suelo, lugares con obstáculos, sin actuación del ser humano.
- Ventajas este es un sistema más económico, fácil de implementar y de diseño simple

# ESTUDIO DE LOS CÓDIGOS FUENTE SDK DE KINECT

# Códigos a estudiar:

- Skeletal Tracking
- Camera fundamental
- Depth Data

# SKELETAL TRACKING

- Microsoft.Research.Kinect.Nui
- Coding4Fun.Kinect.Wpf
- System.IO.Ports
- Runtime
- kinect\_Gl.Initialize
- RuntimeOptions

# CAMERA FUNDAMENTAL

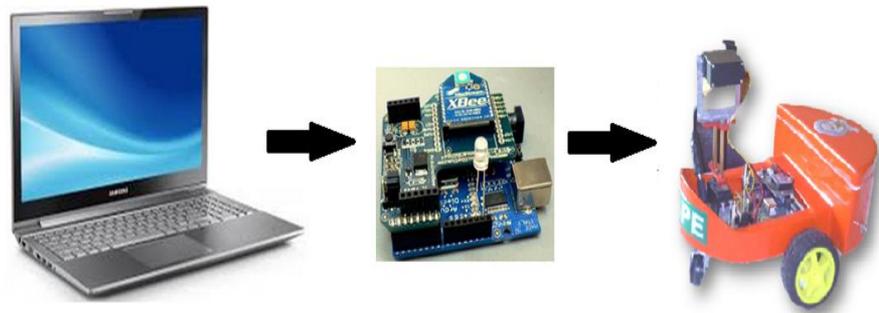
- `kinect_GI.VideoFrameReady`
- `kinect_GI.VideoStream.Open`
- `PlanarImage`
- `BitmapSource.Create`

# DEPTH DATA

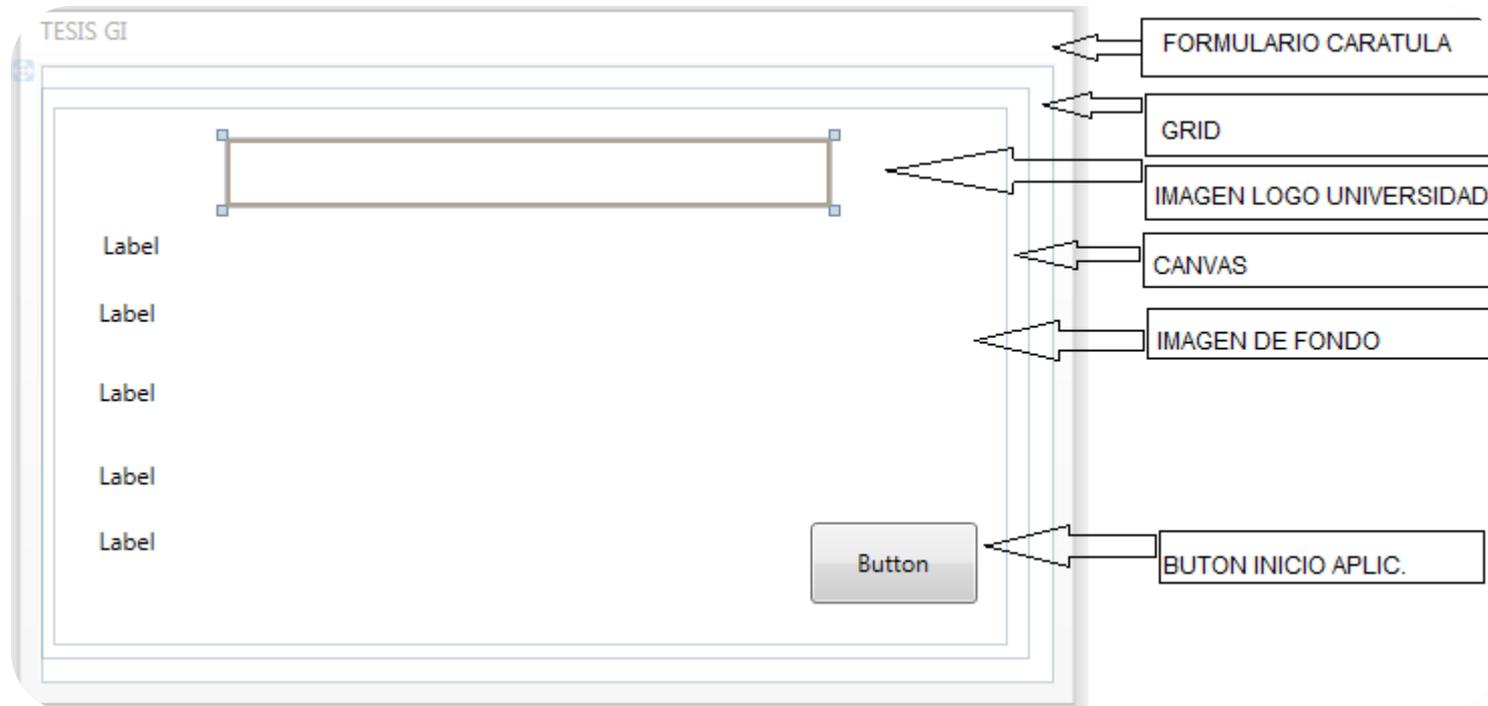
- Kinect\_GI.DepthFrameReady

# DISEÑO DE LA APLICACIÓN DEMOSTRATIVA EN C#

- El robot móvil tiene 4 grados de libertad y tiene 4 servomotores
- aplicación desarrollada en Visual Studio 2010 en el lenguaje de programación C#.



# Diseño Formulario Caratula





**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN ROBOT MOVIL**

**PARA ACCESO A LUGARES REMOTOS UTILIZANDO TECNOLOGIA KINECT**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

**MARIA GABRIELA CHÁVEZ RUGEL**

**IVÁN MARCELO TATAYO SIMBAÑA**

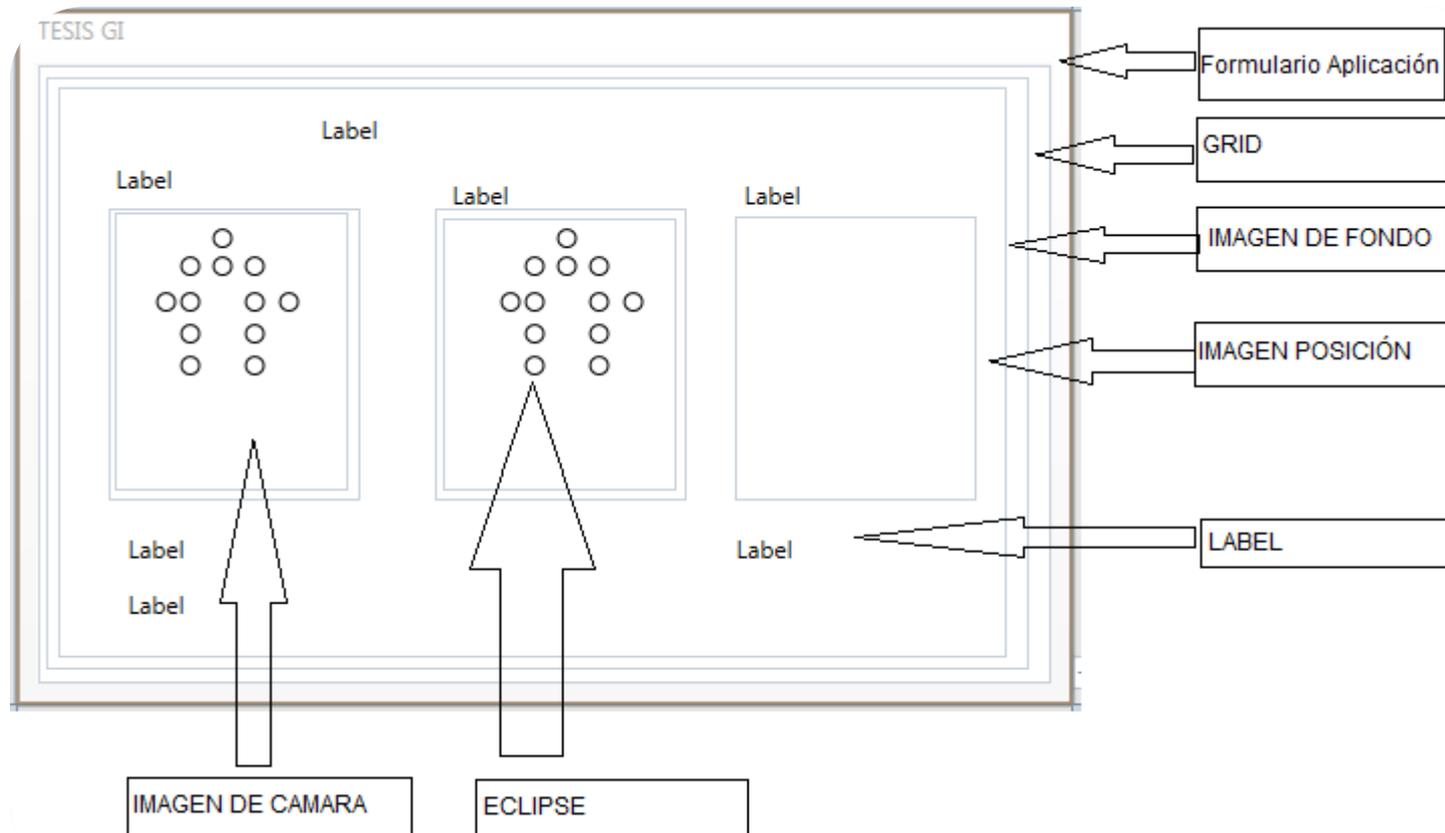
**DIRECTOR: Msc. EDDIE GALARZA**

**CODIRECTOR: MSc. DAVID RIVAS**

**INICIAR APLICACIÓN**

© Dmytro Tokar / Eye / Getty Images

# Diseño Formulario Aplicación Demostrativa



# Resultado Formulario

## Aplicación Demostrativa

tesis i (Ejec

TESIS GI

Archivo Edic

MainWindow

50%

Diseño

Lista de error

0 errores

Descri

Lista de er

Listo

ES

14:19  
13/05/2015

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**SKELETAL TRACKING-CAMARA KINECT**

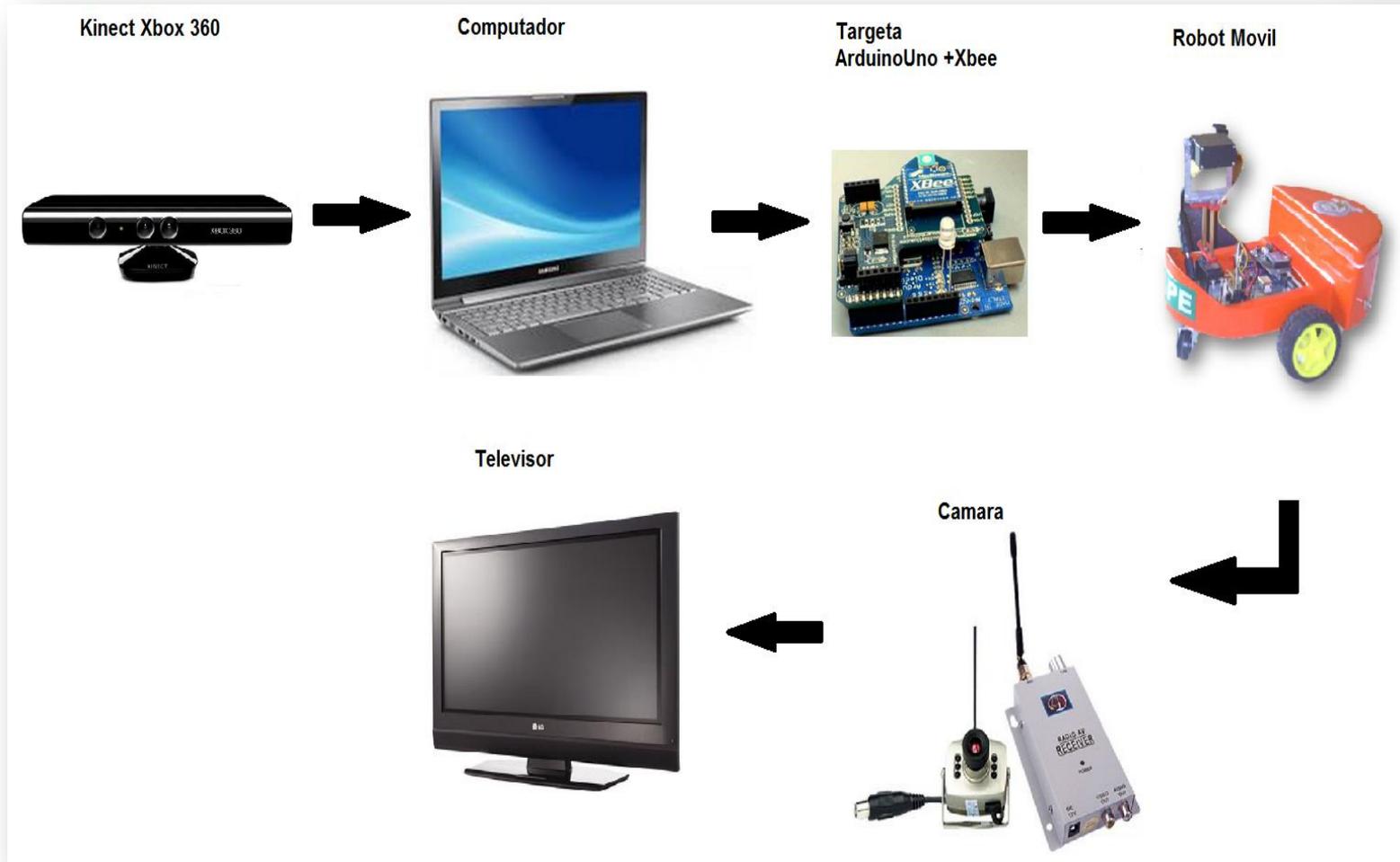
**SKELETAL TRACKING**

**IMAGEN**

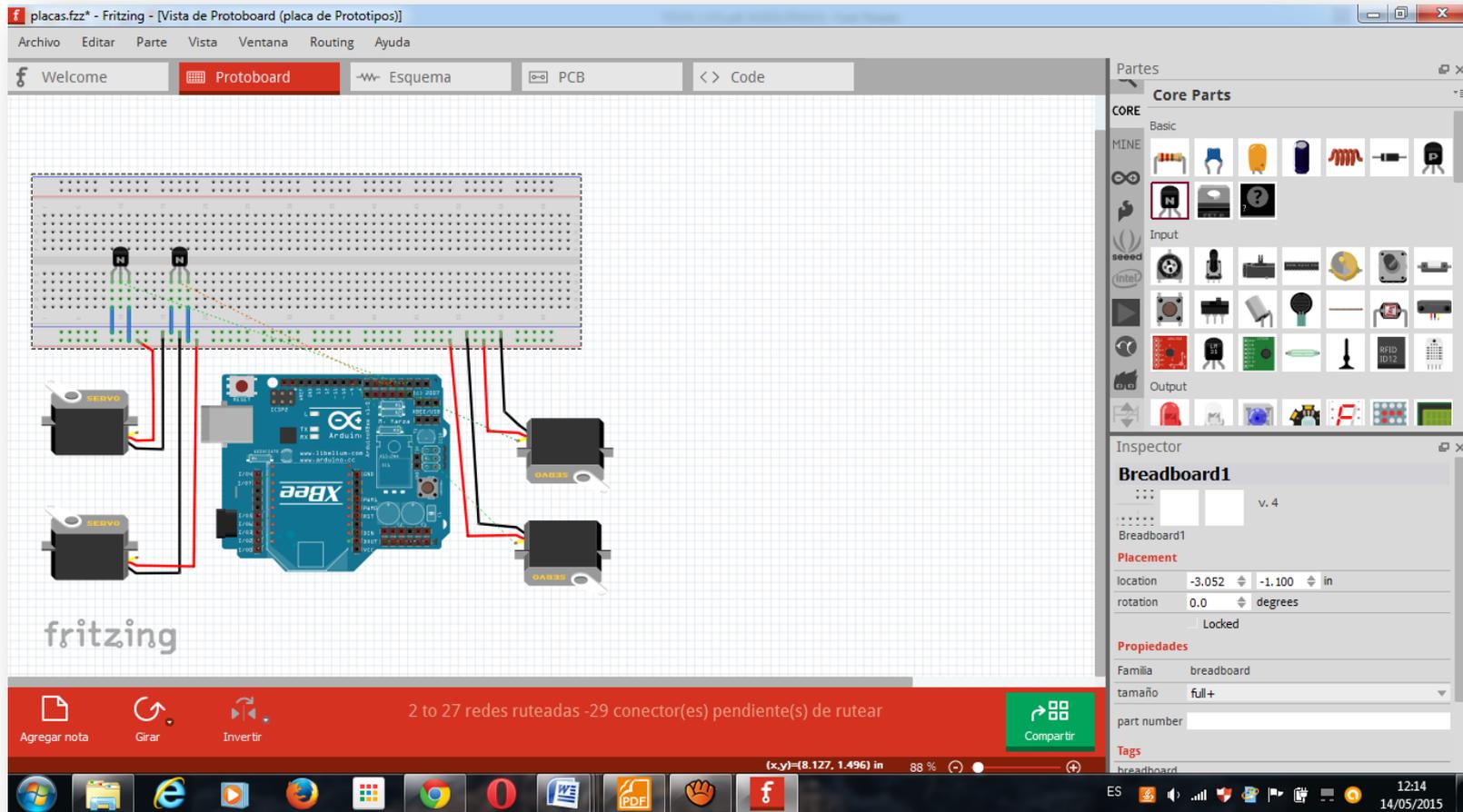
*Mensaje :*  
**Da un paso Atras...**

*Coordenadas Posicion :*  
Coordenada en x = 0  
Coordenada en y = 0  
Coordenada en z = 0

# Hardware



# Diagrama de Conexiones



# Diagrama Esquemático

The screenshot displays the Fritzing software interface in Spanish. The main window shows a schematic diagram of an Arduino Uno microcontroller board connected to a breadboard and three servos. The breadboard contains a transistor (Q1) and a resistor (R1). The servos are labeled J1, J2, and J3. The breadboard is labeled Breadboard1. The software interface includes a menu bar (Archivo, Editar, Parte, Vista, Ventana, Routing, Ayuda), a toolbar (Welcome, Protoboard, Esquema, PCB, Code), and a sidebar with a parts library (Partes) and an inspector (Inspector). The inspector shows the properties of Breadboard1, including its placement (location: -10.452, -7.600 in; rotation: 0.0 degrees) and its family (breadboard).

Partes

Core Parts

CORE

Basic

MINE

Input

Output

Inspector

Breadboard1

v. 4

Breadboard1

Placement

location -10.452 -7.600 in

rotation 0.0 degrees

Locked

Propiedades

Familia breadboard

tamaño full+

part number

Tags

breadboard

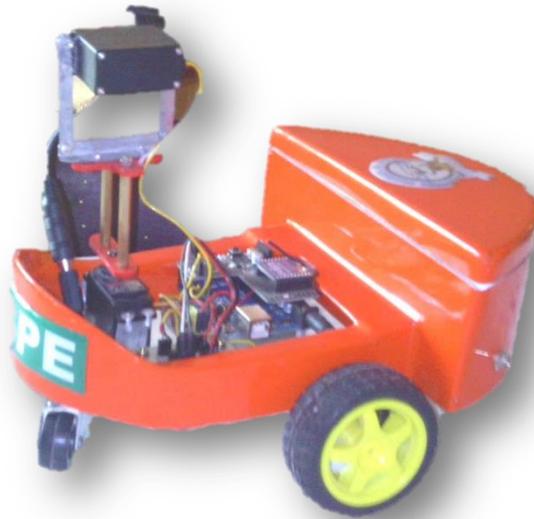
26 to 27 redes ruteadas -4 conector(es) pendiente(s) de rutear

Compartir

(x,y)=(8.908, 3.524) in 114 %

ES 12:21 14/05/2015

# Diseño Robot Móvil





# ANALISIS DE RESULTADOS

# ANÁLISIS DE RESULTADOS

- En el análisis de resultados es necesario profundizar en varios parámetros que perjudican el funcionamiento adecuado de la aplicación, tales como distancia entre el usuario y el sensor Kinect, la estatura y el número de los usuarios.

# DISTANCIAS ADECUADAS





# PRUEBAS

# DISTANCIA = 1m



# DISTANCIA = 2m



# DISTANCIA = 3m



# NÚMERO DE USUARIOS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

SKELETAL TRACKING-CAMARA KINECT



SKELETAL TRACKING



IMAGEN



*Mensaje :*  
Da un paso Adelante...

*Coordenadas Posicion :*  
Coordenada en x = -149  
Coordenada en y = -77  
Coordenada en z = 579

# CONCLUSIONES

- Por medio del estudio de los códigos fuentes SDK de Kinect, se logró desarrollar una aplicación demostrativa que es capaz de capturar los movimientos de brazos, manos y cabeza; cada uno plasmado en los diferentes ejes de coordenadas x, y, z. Estos valores entregados aportaron a la implementación del robot móvil la cual permite que la comunicación entre el lenguaje de programación y sensor Kinect sea eficiente.
- Los códigos fuentes SDK fueron estudiados en tres segmentos los cuales son Skeletal Traking, Depth Data y Cámara RGB; los mismos que de forma detallada se especifican sus funciones características. El Skeletal Tracking se enlaza mediante puntos o “Joint” a la estructura del cuerpo humano para graficarlo, el sensor 3D permite definir la profundidad o la distancia a la que se encuentra el usuario de la misma forma la cámara fundamental RGB entrega un entorno visual de trabajo. Esta información queda como sustento para futuros estudios y mejoras en nuevos procesos.

- Mediante la captura de los datos obtenidos por el sensor kinect, los cuales enviados por el puerto serial desde la computadora hacia los servomotores a través de los módulos ZigBee, los mismos que no presentan pérdida de datos siempre y cuando la red establecida esté configurada eficazmente entre emisor y receptor. De esta forma el control del robot móvil es eficiente.
- Se realizó la comunicación inalámbrica entre robot móvil receptor y emisor de una forma eficaz ya que el emisor se comunica con la computadora mediante comunicación serial la cual envía los datos de una manera muy fiable y segura.

- Por medio de las pruebas realizadas se determinó una distancia óptima entre el usuario y el sensor Kinect, mediante varias de estas pruebas con diferentes usuarios, se encontró que la distancia que mejor resultados obtiene en detección del usuario para un funcionamiento adecuado fue la distancia de 1.8m.
- Así también mediante las pruebas se obtuvo que la estatura óptima del usuario para una mejor detección de este, es de 1.6 m.

# RECOMENDACIONES

- Usar la distancia establecida como óptima dentro del proyecto de 1.8m a 2 m, ya que a esta distancia el sensor Kinect capta correctamente todos los datos del usuario, es decir, hay un funcionamiento adecuado, todas las órdenes dadas por el usuario sean claramente aceptadas.
- La interfaz gráfica fue realizada con una resolución de 1100 x 600 pixeles, es preferible que al momento de utilizar la aplicación la resolución de pantalla sea 1280 x 720.
- Tener en cuenta que la aplicación demostrativa fue elaborada en el lenguaje C, razón por la cual se cargaron librerías como Microsoft.Research.Kinect.Nui y Coding4Fun.Kinect.Wpf, ya que si estas librerías no constan en el proyecto este no tendrá un correcto funcionamiento.

- La aplicación demostrativa fue elaborada para que solo un usuario esté al frente de Kinect, y este pueda captar los movimientos y controlar el robot móvil razón por la cual si existiera otros usuarios el Kinect no podría reconocer y los valores captados serían imprecisos en la captación del movimiento del cuerpo humano.
- Este proyecto ha sido posible gracias a la tecnología de Kinect que nos permite conseguir un esqueleto del usuario fácil y fielmente. Aun así el tratamiento de los datos para que fuera útiles requirió un esfuerzo considerable con lo cual ayudará a nuevos proyectos que necesiten añadir o implementar lo realizado en el presente proyecto.

GRACIAS