



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

## Control de robot mediante mensajes de texto utilizando el dispositivo Narobo DroneCell en interfaz con el Pololu 3 $\pi$

Carlos Valdivieso A. Ing., Jaime Izquierdo V., Andres Ponce A.

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación3

Escuela Superior politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador

[cvaldivi@espol.edu.ec](mailto:cvaldivi@espol.edu.ec) , [jaisizqu@espol.edu.ec](mailto:jaisizqu@espol.edu.ec) , [othaponc@espol.edu.ec](mailto:othaponc@espol.edu.ec)

### Resumen

*El presente trabajo consiste en realizar un código que permita controlar los movimientos de un robot mediante mensajes de texto utilizando el dispositivo Narobo DroneCell en interfaz con el Pololu 3 $\pi$ . El código se lo realizará con la ayuda el programa AVR Studio el cual soporta varios formatos o clases de código como por ejemplo lenguaje C o ASM, el archivo hex que se obtiene como resultado de la compilación se lo utiliza para microcontroladores de la familia ATMEL.*

*El funcionamiento del código se lo comprobará mediante la herramienta de simulación llamada PROTEUS el cual es un programa de mucha utilidad que permite simular dispositivos electrónicos como los microcontroladores. El proyecto se basa en la investigación del dispositivo Narobo DroneCell y el Pololu 3 $\pi$ . El Narobo DroneCell se puede decir que es un dispositivo inalámbrico capaz de soportar llamadas, mensajes de texto y acceso a internet, el Pololu 3 $\pi$  es un robot programable que permite realizar muchas funciones para diferentes proyectos especialmente como seguidor de línea y nuestro objetivo es controlar los movimientos del Pololu 3 $\pi$  por medio de mensajes de texto para lo cual usaremos las características del Narobo DroneCell de soportar dicho servicio, este texto será transmitido al Pololu 3 $\pi$  a través del puerto serial. En operación normal usaremos un celular que enviará instrucciones por medio de SMS al Narobo DroneCell, el cual recibirá y codificará los SMS para luego dar las instrucciones al Pololu 3 $\pi$ .*

**Palabras Claves:** AVR Studio, Comandos AT.

### Abstract.

*The present work consists to produce a code that allows the control to the movements of a robot with text messages using the device Narobo DroneCell interfaced with the Pololu 3 $\pi$ . The code will be produce with the help of the AVR Studio program which supports multiple formats or classes of code such as C or ASM, the hex file obtained as a result of the compilation it is used for ATMEL microcontroller family. The operation of the code is verified by the simulator tool called PROTEUS, which is a very useful program to simulate electronic devices such as microcontrollers. The project is based on device research Narobo DroneCell and Pololu 3 $\pi$ . The Narobo DroneCell can say that is a wireless device capable of supporting calls, text messages and internet access, the Pololu 3 $\pi$  is a programmable robot that can perform many functions for different projects, especially as a follower of online and our goal is to control 3 $\pi$  Pololu movements through text messages to which we will use the characteristics of Narobo DroneCell to support this service, this text will be transmitted to Pololu 3 $\pi$  through the serial port. In normal operation will use a cell phone that will send instructions via SMS Narobo DroneCell, which receive and encode the SMS and then give instructions to the Pololu 3 $\pi$ .*

**Keywords:** AVR Studio, AT Commnds.

## Introducción

En la actualidad existen robots controlados por el hombre y son de mucha utilidad para investigaciones como por ejemplo robots que se utilizan para explorar otros planetas, los grandes países desarrollados en tecnología tienen muchas expectativas con el uso de dispositivos para controlar robots, especialmente con la conexión inalámbrica y el uso de los microcontroladores.

En este presente trabajo se presentará la arquitectura, funcionamiento y programación del Pololu 3 $\pi$  además de la información adicional investigada por medio de la herramienta de internet como los diferentes proyectos básicos realizados en el desarrollo de la materia.

El Narobo DroneCell es otro dispositivo de investigación para el proyecto y de mucha utilidad ya que sin este dispositivo no tendríamos la conexión adecuada para realizar las instrucciones que le enviemos a nuestro robot como son la de dirigirse hacia adelante, hacia atrás, dirigirse hacia la izquierda o derecha y otras instrucciones adicionales que nos proponamos realizar y sacar provecho del DroneCell, sus características se las mostrará en el desarrollo de los capítulos posteriores.

Finalmente, después de haber diseñado nuestro código se realizará las pruebas específicas para comprobar el funcionamiento de nuestro diseño, haciendo el uso de PROTEUS y luego verificándolo en nuestro robot.

## 1. Generalidades

### 1.1 Descripción General del Proyecto.

El presente trabajo se enfoca en el control de los movimientos del Robot Pololu 3 $\pi$  mediante mensajes de texto enviados desde un dispositivo móvil (Celular), el cual va a ser recibido por el Narobo DroneCell, ésta tarjeta va a tener incorporado un chip GSM estableciendo la comunicación entre el celular y el Pololu 3 $\pi$ .

Con la ayuda del Narobo DroneCell se establecerá una comunicación serial con el Robot Pololu 3 $\pi$  para poder transmitirle el mensaje que fue enviado desde el celular.

Una vez que el mensaje ha sido transmitido al Pololu 3 $\pi$ , éste se encargará de reconocer el contenido y compararlo con cadenas predefinidas dentro del programa para que de esta manera pueda obtener la instrucción adecuada y ejecutar el respectivo movimiento.

## 1.2 Aplicación

Los microcontroladores tienen muchas aplicaciones ya que hoy en día la tecnología se expande sin límites, estos se encuentran en todos los circuitos de grandes aplicaciones como computadoras, Reuters, robots, etc.

Nuestro Pololu 3 $\pi$  tiene incorporado el microcontrolador ATmega328P el cual tiene varias opciones para realizar cualquier proyecto que tenga aplicaciones grandes, posee comunicación serial para interactuar con otros micros y realizar diferentes objetivos.

El Narobo DroneCell como se lo ha detallado tiene la capacidad de recibir o enviar mensajes de texto, llamadas y acceso a internet.

Las aplicaciones principalmente son para interconexiones inalámbricas como por ejemplo:

- Activación o Desactivación de Alarmas ya sea para vehículos o garajes de casa mediante el simple envío de mensajes de texto.
- Manipulación mediante mensajes de texto a maquinarias pesadas en lugares peligrosos para el ser humano, ejemplo: lugares con ambientes tóxicos.
- Competencias de robots sumos manipulados por mensajes de texto desde cualquier celular móvil.

## 2. Fundamento Teórico

### 2.1 Herramientas de Software

#### 2.1.1 AVR Studio 4.0 [9]

El AVR STUDIO es una herramienta muy poderosa hecha por ATMEL la cual está orientada para los microcontroladores de la serie AT90S y para los AVR.

Esta herramienta nos permite escribir y depurar aplicaciones AVR, nos provee una herramienta para administrar proyectos, editores de texto, simuladores y es compatible con códigos como ASSEMBLER, C/C++ gracias a que tienen incorporado el compilador GNU/GCC.

El AVR STUDIO está compuesto por una ventana principal la cual es de mucha ayuda ya que nos da información sobre el control de flujo del programa (código), junto a la ventana principal hay otras ventanas las cuales nos permite tener un control total del estado de cada elemento en ejecución.

#### 2.1.2 PROTEUS 7.7 [1]

Proteus es un software desarrollado por Labcenter Electronics y está orientado para la realización de proyectos electrónicos, este programa nos permite

diseñar y simular los diferentes circuitos electrónicos. El Proteus consta de dos partes importantes la cual es el ISIS y el ARES, los cuales nos van a permitir simular y diseñar las pistas para poder crear la placa física donde van a estar montados los elementos.

### 2.1.2.1 ISIS: Intelligent Schematic Input System

Esta herramienta es la que nos permite dibujar sobre un área de trabajo el circuito que posteriormente se procederá a simular, tiene incorporado una librería de más de 6.000 modelos de dispositivos digitales y analógicos como por ejemplo circuitos integrados, generadores de señales, resistencias, LCD, etc.

### 2.1.2.2 ARES: Advanced Routing and Editing Software

Esta herramienta sirve para enrutar, ubicar y editar los componentes del circuito, se utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso (PCB's); además nos permite visualizarlas en 3D, de esta manera podemos visualizar mejor el resultado final de la placa.

## 2.2 Herramientas de Hardware

### 2.2.1 Pololu 3π [2] [3]

Es un robot de alto rendimiento originalmente diseñado para la resolución de laberintos y como seguidor de línea pero en nuestro proyecto vamos a controlar los movimientos a través de mensajes de texto enviados desde un celular.

El corazón del Pololu 3π es el microcontrolador ATMEGA328P, éste microcontrolador tiene 32 KB flash, 2 KB RAM, y 1 KB de EEPROM, mas adelante detallaremos las características del ATmega328P.

El Pololu 3π tiene las siguientes características:

- AVR Conector ISP programador de 6-pin.
- Procesador ATmega328P.
- Voltaje mínimo 3V.
- Voltaje máximo 7V.
- Máxima frecuencia de la señal PWM 80kHz.
- Funciona perfectamente con el compilador GNU/GCC.
- ARV Studio ha desarrollado un ambiente de trabajo confortable.

### 2.2.1 ATmega328P [10]

Las características principales de este microcontrolador son:

- Posee 3 Puertos (B, C, D); cada puerto posee resistencias pull-up integradas.
- Tiene 3 Timers (Timer 0, 1, 2).
- Timer 0 y 2 son de 8 bits y el Timer 1 de 16 bits.
- Tiene un comparador incorporado.
- Tiene 14 pines donde 6 de ellos generan PWM.
- Genera señales PWM en los pines 3, 5, 6, 9, 10,11.
- Transmisión serial por medio de los pines PD0 y PD1 que son el receptor y transmisor respectivamente.
- Interrupciones externas en los pines 2 y 3.
- Posee 32 registros de propósito general y 23 líneas I/O de propósito general.

Es decir gracias a este microcontrolador podremos usar al Pololu 3π para realizar comunicaciones seriales con el otro dispositivo que vamos a utilizar el cual es el Narobo DroneCell.

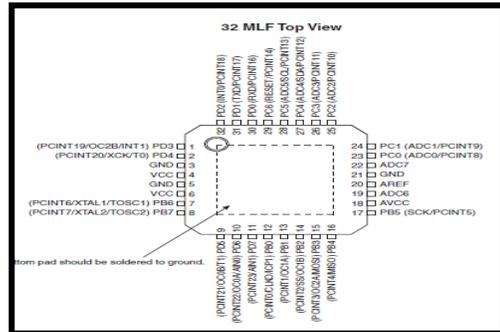


Figura 2-1: ATmega328P

### 2.2.2 Narobo DroneCell

La tarjeta Narobo DroneCell es una especie de celular para nuestros proyectos de robótica o electrónicos, éste dispositivo es comúnmente conocido como “todo en uno” en lo que respecta a comunicación ya que se puede comunicar vía mensajes de texto, se pueden realizar llamadas o incluso se puede comunicar hacia internet.

#### 2.2.2.1 Características de la Tarjeta Narobo DroneCell [4]

La tarjeta Narobo cuenta con muchas herramientas útiles para la resolución de algunos proyectos de electrónica en el cual se involucre o se necesite alguna de estas cualidades que posee esta tarjeta de comunicaciones.

En nuestro proyecto utilizaremos la característica de enviar y recibir mensajes de texto junto con la capacidad de transmitir serialmente a una velocidad de 115200 baudios.

Para poder utilizar la comunicación serial del Narobo, éste debe de tener un voltaje mínimo de 3.3V TTL y máximo de 5V TTL.

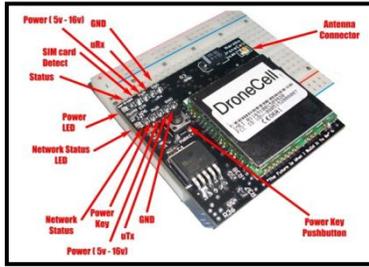


Figura 2-2: Narobo DroneCell

### 2.3 Comandos AT [6]

El lenguaje AT es usado por los teléfonos GSM para comunicarse con sus terminales, los comandos AT se utilizan para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales, dichos comandos permiten realizar llamadas de datos o voz, leer y escribir en la agenda de contactos y enviar mensajes.

Los comandos AT son instrucciones codificadas que en principio fueron creadas para comunicar las terminales de los módems pero con el desarrollo de la tecnología ha aumentado, estos comandos fueron acondicionados para ser usados por GSM.

#### 2.3.1 Comandos para SMS [11]

*AT+CPMS: Seleccionar el lugar de almacenamiento de los SMS.*

*AT+CMGF: Seleccionar el formato de los mensajes.*

*AT+CMGR: Leer un mensaje SMS almacenado.*

*AT+CMGL: Listar los mensajes almacenados.*

*AT+CMGS: Enviar mensajes SMS.*

*AT+CMGW: Almacenar mensaje en memoria.*

*AT+CMSS: Enviar mensaje almacenado.*

*AT+CSCA: Establecer el centro de mensajes a usar.*

*AT+WMSC: Modificar el estado de un mensaje.*

### 3. Diseño e Implementación del Proyecto

A continuación se presenta un diagrama donde se muestra el funcionamiento básico de nuestro proyecto.

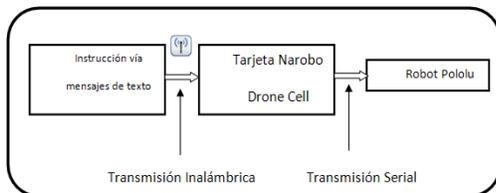
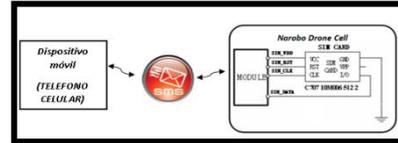


Figura 3-1: Funcionamiento Básico del Proyecto

Como observamos en la figura 3-1, nuestro proyecto se divide en tres partes fundamentales:

### 3.1 Comunicación Celular-Narobo

Por medio del celular se procederá a enviar un mensaje de texto, el cual lo recibirá el chip GSM ubicado en la tarjeta Narobo DroneCell (previamente probado que la tarjeta se encuentra conectada a la red).



2: Diagrama de la primera etapa

Figura 3-

### 3.2 Transmisión Serial de Datos

Está compuesto por el Narobo DroneCell y el robot Pololu 3π. Esta transmisión se lleva a cabo a través del pin 0 y 1 del puerto D del ATmega328P (Pololu 3π), los cuales son receptor y transmisor respectivamente, estos se conectan directamente al μRx y μTx del Narobo los cuales representan al transmisor y receptor TTL del DroneCell. En esta etapa del proyecto se va transmitir serialmente a una velocidad de 115200 baudios, los baudios son la unidad que se emplea para señalar la cantidad de bits por segundos que se transmiten.

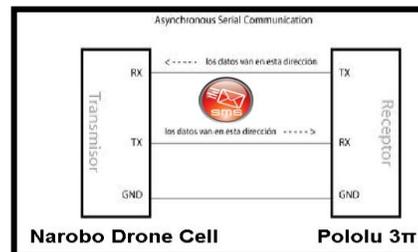


Diagrama de la segunda etapa

Figura 3:

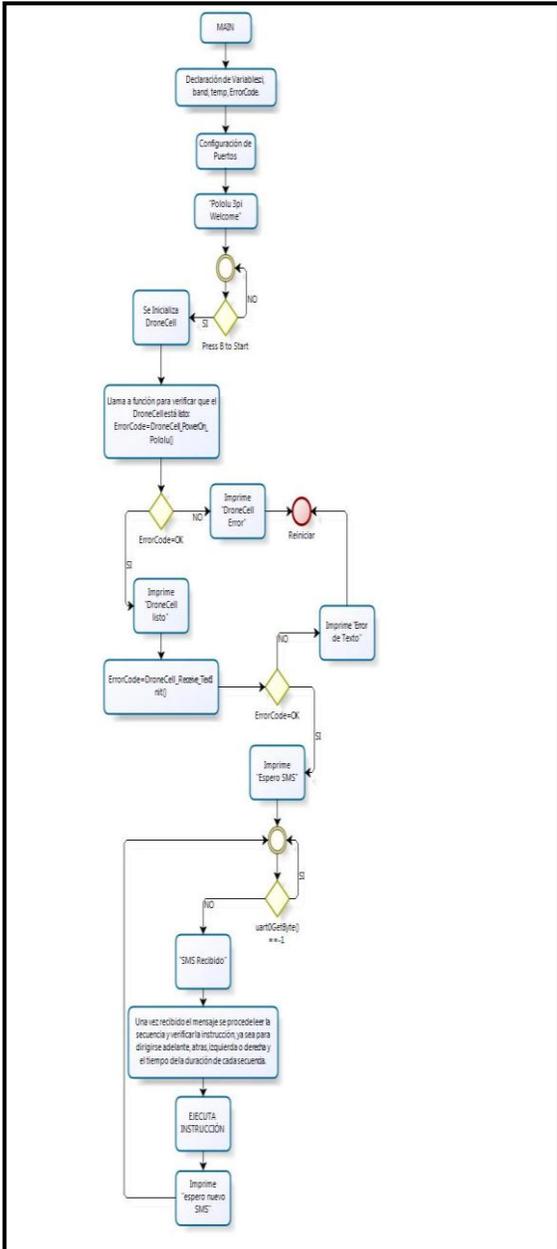
### 3.3 Ejecución de los Movimientos

El Pololu 3pi una vez que ha recibido el mensaje desde el Narobo DroneCell, procederá a revisar en su código y a comparar con las cadenas de texto predefinidas, de esta manera se ejecutará la instrucción adecuada para efectuar el movimiento.

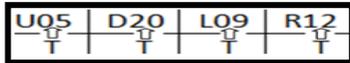
### 3.4 Diagrama de Flujo Principal

A continuación se presenta el diagrama de flujo de nuestro proyecto. Por medio de este diagrama de flujo se establecen las validaciones y el uso de comandos

para realizar los diferentes movimientos con la instrucción enviada desde el celular.



### 3.5 Formato del Mensaje de texto



El ejemplo anterior quiere decir que el Pololu 3pi se va a dirigir 5 segundos hacia adelante, 20 segundos atrás, luego 9 seg a la izquierda y finalmente 12 segundos a la derecha. Cabe señalar que el mensaje debe ser sin espacios y también que las letras pueden ir en diferentes posiciones, el texto puede seguir hasta

que se termine el tamaño del mensaje en el celular. Además las letras pueden ser mayúsculas o minúsculas y el tiempo debe ser un número de dos dígitos como se observa en el ejemplo si quiere que se mueva 5 segundos se debe escribir 05 y no solo 5.

## 4. Simulación y Pruebas

### 4.1 Pruebas en Hyper Terminal

#### 4.1.1 Prueba de Transmisión

Para empezar a utilizar y verificar que el Narobo funciona realizamos pruebas utilizando el Hyper Terminal, a continuación se presenta el procedimiento para el envío de mensajes utilizando la tarjeta Narobo DroneCell ver Figura 4-1.

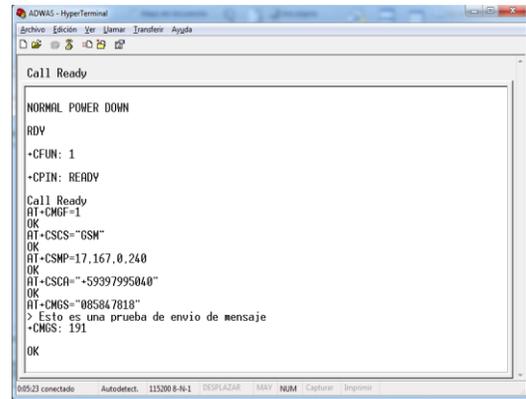


Figura 4-1: Prueba de Transmisión

#### 4.1.2 Prueba de Recepción

También se realizó la prueba de recepción de mensajes, principalmente es la que utilizamos en nuestro proyecto, los siguientes pasos se deben seguir para recibir mensajes de texto enviados desde un celular.

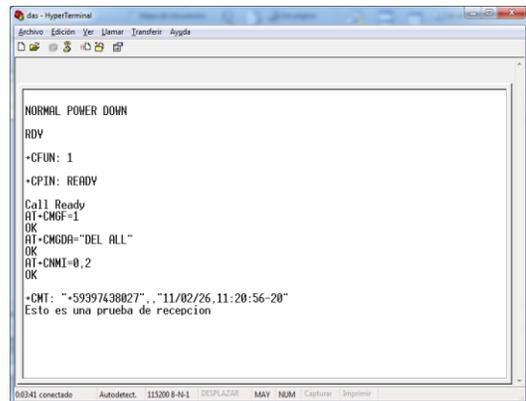


Figura 4-2: Prueba de Recepción

## 4.2 Simulación en Proteus 7.7

Al iniciar la simulación en el programa Proteus 7.7, en el display del Pololu  $3\pi$  sale un mensaje de bienvenida “Pololu  $3\pi$  Welcome” dicho mensaje tiene una duración de 5 segundos ver Figura 4-3.

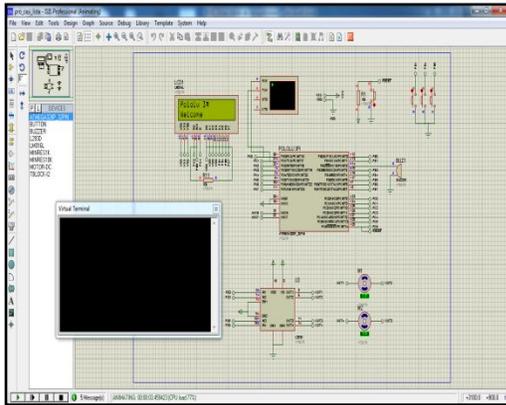


Figura 4-3: Iniciación del proyecto simulado

Luego del mensaje de bienvenida el Pololu presenta un mensaje “Press B to Start” , y se debe presionar el botón B para comenzar la comunicación con el Narobo DroneCell ver Figura 4-4.

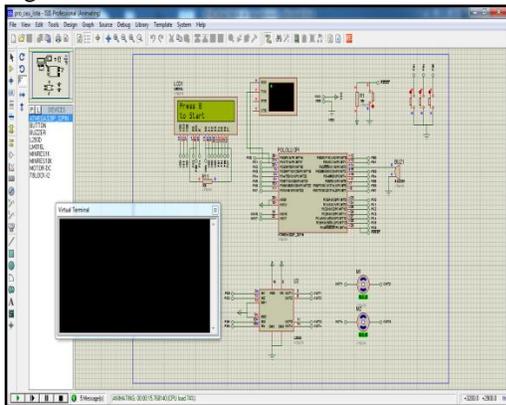


Figura 4-4: Press B to Start

Tarjeta Narobo DroneCell, el Pololu presenta un mensaje indicando la Iniciación del DroneCell, lo cual significa que el Narobo se está iniciando y reconociendo la red Figura 4-5.

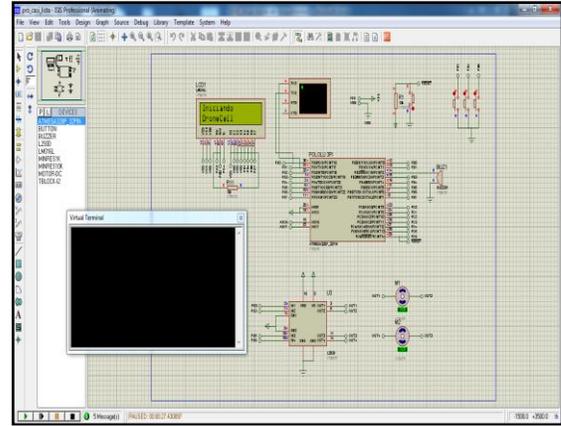


Figura 4-5: Iniciando DroneCell

Una vez iniciado el Narobo DroneCell el Pololu presenta un mensaje indicando que está Listo el DroneCell. En el Hiper Terminal presenta los códigos AT indicando la conexión lista del Narobo DroneCell en modo texto.

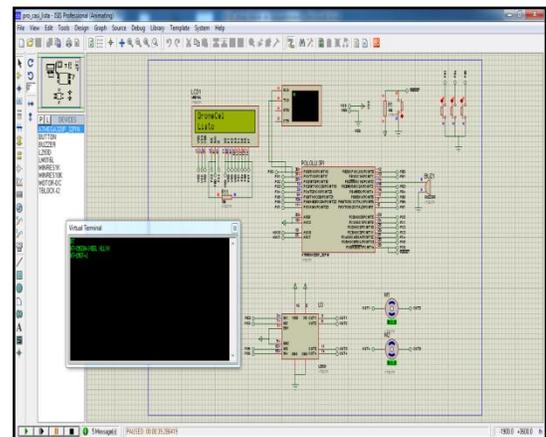


Figura 4-6: Iniciando DroneCell Listo

Luego de la Inicialización del DroneCell se verifica la parte inalámbrica y al final saldrá un mensaje “Espero SMS” lo cual indica que se puede enviar el mensaje con la respectiva instrucción. Pero en el Proteus no hay como simular lo inalámbrico por lo tanto saldrá un mensaje de error como se presenta en la siguiente figura.

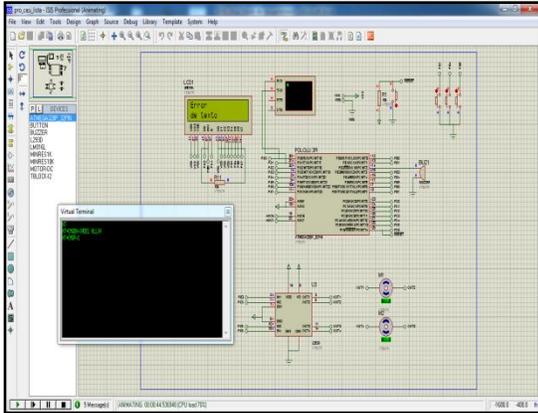


Figura 4-7: Error Text

### 4.3 Resultados Experimentales

Los resultados de nuestro proyecto fueron exitosos, las siguientes figuras muestran las etapas en la que el Pololu presenta en la pantalla para que presione la tecla B para empezar con la Iniciación del DroneCell y verificar que esté listo y pueda recibir mensajes.

Luego de verificar la parte de mensaje presentará el mensaje definitivo para que se envíe la instrucción por medio del mensaje de texto el cual es “Espero SMS”.



Figura 4-8: Press B to Start “experimental”

Como se explicó anteriormente luego de iniciar se presenta el mensaje para enviar el mensaje de texto.

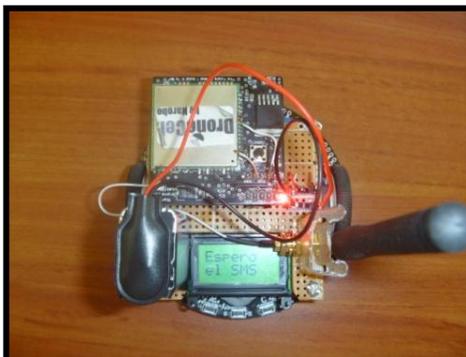


Figura 4-9: Espero el SMS

## 5. Conclusiones

1. El corazón del Narobo DroneCell es un módulo para comunicaciones GSM de la serie SIM3XXDZ, el cual en éste proyecto vino previamente configurado con los respectivos comandos para poder entablar y realizar la comunicación serial con dispositivos que también hablen el mismo lenguaje que él, es decir, está configurado para que reciba y transmita comandos AT los cuales son utilizados para ese tipo de comunicación.
2. Al realizar este proyecto se pudo establecer la gran utilidad que presenta el empleo de los celulares vinculados con microcontroladores para poder llevar a cabo diversas aplicaciones.
3. La tarjeta que utilizamos en interfaz con el Pololu 3π que es la Narobo DroneCell la cual presenta muchas ventajas ya que ésta tiene la facilidad de comunicación con el celular que es lo principal en nuestro proyecto para poder mover el Pololu por medio de un mensaje de texto con la instrucción específica.
4. Se puede concluir que el Robot Pololu 3π es un excelente dispositivo programable, el cual tiene incorporado el microcontrolador ATmega328P que es el que controla al Pololu 3π y tiene facilidad de uso para muchas aplicaciones.
5. También concluimos que las librerías de la tarjeta Narobo DroneCell son de mucha utilidad para la elaboración de códigos para transmitir datos enviados hacia el Narobo, de dichas librerías nos basamos para crear las funciones de recibir mensajes transmitidos desde un celular hacia el Narobo DroneCell y transmitirlos hacia el Pololu 3π.
6. La comunicación entre la tarjeta Narobo DroneCell y el Pololu 3π se la realizó fácilmente ya que el ATmega328P tiene el USART0 que transmite y recibe datos, la velocidad es programable, para nuestro trabajo utilizamos una frecuencia de 20MHz y una transmisión de 115200 baudios ya que el Narobo trabaja a esa velocidad de bits\seg.

## 6. Recomendaciones

1. Para la primera etapa del proyecto, tenemos que asegurarnos que el Narobo DroneCell una vez ha sido energizado (led power encendido) y presionado el botón “pwrkey” debe de tener el led de status activado (parpadeando) y se debe de haber confirmado que el chip GSM se encuentre

activo (habilitado y conectado a la red GSM de su operador de telefonía celular).

2. Asegurarse que le llegue el voltaje adecuado a la tarjeta Narobo, que el regulador de voltaje esté operando en zona lineal y con la ayuda de un osciloscopio observar los pines de transmisión y recepción de datos del UART para chequear que efectivamente se realice la transmisión en el momento indicado.
3. Una vez soldado todos los leds en el Pololu 3 $\pi$ , revisar que el voltaje y corriente entregado al robot sea la suficiente para óptimas condiciones de operación, ya que si no se cumplen esas condiciones pueden afectar a otros elementos del robot como el LCD que en nuestro proyecto al momento de soldar esos leds, comenzó a presentar basura en pantalla y en ocasiones no presentaba nada.
4. Como el Polo 3 $\pi$  tiene un tamaño pequeño y la tarjeta Narobo DroneCell con su respectiva antena tienen que estar conectados, se recomienda hacer una placa e incorporarla con el Pololu 3 $\pi$ , para así poder realizar la conexión serial y también la antena quede fija en una posición.

## 7. Agradecimientos

El agradecimiento especial es para las personas que siempre han estado a mi lado sin importar la distancia, mi familia, que es el pilar vital de mi existencia.

*Jaime Israel Izquierdo Valladarez.*

A mi madre y a mis hermanos que fueron los que siempre estuvieron junto a mí y me apoyaron en cualquier problema que se me haya presentado en mi vida.

*Othón Andrés Ponce Alvarado*

## 8. Referencias

- [1] LabCenter Electronics – PCB Design  
[http://www.labcenter.com/products/pcb\\_overview.cfm](http://www.labcenter.com/products/pcb_overview.cfm)  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Proteus\\_%28electr%C3%B3nica%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Proteus_%28electr%C3%B3nica%29)  
Fecha de Consulta: 17/01/2011
- [2] Pololu 3 $\pi$  – Características  
<http://www.pololu.com/catalog/product/975>  
Fecha de Consulta: 18/01/2011
- [3] Pololu 3 $\pi$  – Guía de Usuario  
<http://www.pololu.com/file/0J137/Pololu3piRobotGuiaUsuario.pdf>  
Fecha de Consulta: 18/01/2011
- [4] Narobo DroneCell – Características

<http://narobo.com/products/DroneCell/DroneCell.html>

Fecha de Consulta: 18/01/2011

- [5] Narobo DroneCell – videos  
[www.youtube.com/watch?v=3DL8eSg5MRlzk](http://www.youtube.com/watch?v=3DL8eSg5MRlzk)  
[www.youtube.com/watch?v=3D7is4PnLacCA](http://www.youtube.com/watch?v=3D7is4PnLacCA)  
Fecha de Consulta: 22/01/2011
- [6] Narobo DroneCell – Guía de Comandos  
[http://narobo.com/products/DroneCell/Datasheets/SIM340DZ\\_ATC\\_V1.02.pdf](http://narobo.com/products/DroneCell/Datasheets/SIM340DZ_ATC_V1.02.pdf)  
Fecha de Consulta: 20/01/2011
- [7] Narobo DroneCell – Guía del Hardware  
[http://narobo.com/products/DroneCell/Datasheets/SIM340\\_HD.pdf](http://narobo.com/products/DroneCell/Datasheets/SIM340_HD.pdf)  
Fecha de Consulta: 20/01/2011
- [8] Narobo DroneCell – Guía de Mensajes de texto  
[http://narobo.com/products/DroneCell/Datasheets/SMS\\_Guide.pdf](http://narobo.com/products/DroneCell/Datasheets/SMS_Guide.pdf)  
Fecha de Consulta: 19/01/2011
- [9] AVR Studio  
[http://www.atmel.com/dyn/products/tools\\_card.asp?tool\\_id=2725](http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card.asp?tool_id=2725)  
<http://courses.cit.cornell.edu/ee476/AtmelStuff/doc1019.pdf>  
Fecha de Consulta: 15/01/2011
- [10] ATmega328P  
[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/8271S.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/8271S.pdf)  
Fecha de Consulta: 15/01/2011
- [11] SMS Tutorial: Introduction AT Commands  
<http://www.developershome.com/sms/atCommandsIntro.asp>  
Fecha de Consulta: 23/01/2011