

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electrónica



Implementación y diseño de un prototipo inalámbrico para la monitorización y control de producción de empaques a base de polipropileno

Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura

Bernhard Silesky Hernández

Cartago, Enero de 2012

INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA
PROYECTO DE GRADUACIÓN
TRIBUNAL EVALUADOR

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal



Ing. Julio Stradi Granados
Profesor lector



Ing. Eduardo Interiano Salguero
Profesor lector



Ing. Néstor Hernández Hostaller
Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica

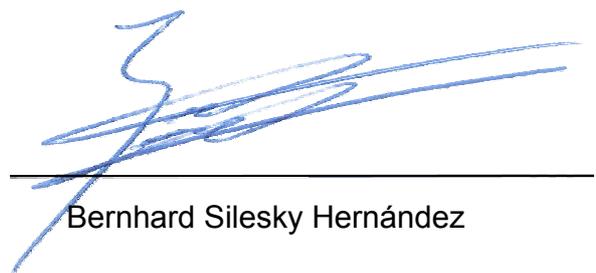
Cartago, 20 enero 2012

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, 20 enero 2012



Bernhard Silesky Hernández
Céd: 3-360-357

Resumen

Industrias Elegantes S.A. es una empresa especializada en producir empaques flexibles de monocapa, multicapas coextruidos y laminados en distintos materiales, especialmente polipropileno. Atiende gran variedad de sectores como alimenticio, textil, lácteo, industrial, agrícola, farmacéutico, químico y hospitalario, por lo que cuenta con una de las líneas de producción más completas de Costa Rica.

Actualmente, debido a la cantidad de trabajo, ha habido atrasos importantes en diferentes etapas de la línea de producción. Una de las posibles razones es que la manufactura de producto es independiente en cada máquina y estas trabajan a diferentes velocidades en la línea de producción para lo cual no existe ningún registro o control. Otra posible razón son errores humanos para lo cual no cuentan con indicadores de nivel de producción que reflejen el desempeño de la productividad de cada operario. Todo ello genera cargas de trabajo adicionales sobre los operarios, elevación de costos, pérdida de material y horas operario.

Este proyecto pretende implementar un sistema capaz de monitorear y registrar el desempeño máquinas y operarios en la línea de producción para así poder tomar decisiones sobre fechas de entrega de producto, capacitación, mantenimiento preventivo y mejorar el rendimiento de la línea de producción.

Para alcanzar esta meta se implementaron tres nodos remotos portátiles que tienen la capacidad de medir la velocidad de operación de las máquinas por medio de sensores infrarrojos. Procesar la información y enviar los datos inalámbricamente a un nodo base. El nodo base se encarga de recibir los datos y pasarlos a una computadora donde son procesados nuevamente para obtener la cantidad de unidades producidas en tiempo real por el operario designado para esa máquina, en las máquinas donde haya nodos remotos conectados. Muestras de los datos recibidos son almacenadas en una base de datos, ello da al sistema la capacidad de verificar el registro de operaciones de máquinas y operarios en cualquier momento.

Palabras clave: Polipropileno, Infrarrojo, Comunicación inalámbrica, Nodos remotos.

Abstract

Industrias Elegantes S.A. is a company specialized in producing flexible monolayer packaging, coextruded multilayer and laminates in different materials, especially polypropylene. Handles a great variety of sectors like nutritional, textile, dairy, industrial, agricultural, pharmaceutical, chemical and hospital reason why it has one of the most complete production lines of Costa Rica.

At the moment, due to the amount of work, there have been important delays in different stages from the production line. One of the possible reasons is that the product manufacture is independent in each machine and they work at different speeds in the production line for which does not exist any registry or control. Other possible reason is human errors for which they do not count on production levels that can reflect the performance of the productivity of each worker. All this generates additional workload on the operators, high production costs, material and work loss.

This project aimed to implement a system able of monitoring and register the performance machines and workers at the production line for taking decisions on product delivery dates, training, preventive maintenance and to improving the yield at the production line.

In order to reach this goal three portable remote nodes were implemented that have the capacity to measure the operation speed of the machines by means of infrared sensors. Process the information and send data wirelessly to the master node. The master node is in charge of receiving data and passes it to a computer where data is processed again to obtain the amount of units produced in real time by the worker designated for that machine, and where remote nodes are connected. Samples of the received data are stored in a data base, it gives to the system the capacity to verify at any time the records of machine operations and workers.

Keywords: Polypropylene, Infrared, Wireless communication, Remote nodes.

A mis padres que a pesar de tanto tiempo nunca dejaron de apoyarme en los momentos buenos y malos, sin importar la situación o la dificultad, siempre estuvieron y han estado conmigo.

Agradecimiento

En primer lugar quiero agradecer a Dios que me permitió llegar hasta aquí.

Agradezco a mis padres, familia y a mi novia Ligia por brindarme todos su apoyo incondicional en todo sentido y en todo momento.

También agradezco a mi profesor asesor Ing. Néstor Hernández Hostaller y al ingeniero y amigo Ricardo Vong Tsoi, a ambos por creer en el proyecto y en mi persona.

Agradezco a mis compañeros y amigos que se involucraron en este proyecto con sus consejos y apoyo. Es importante mencionar a algunas personas que sin su apoyo hubiese sido imposible terminar este proyecto. A mi compañero y amigo Jorge Castro, por su invaluable colaboración en momentos clave del proyecto y a mi amiga de muchos años Karen Espinosa por compartir sus conocimientos.

A todos, muchas gracias

INDICE GENERAL

Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Problema existente e importancia de su solución	1
1.2 Solución seleccionada.....	4
Capítulo 2. Meta y Objetivos	6
2.1 Meta	6
2.2 Objetivo general.....	6
2.3 Objetivos específicos	6
Capítulo 3. Marco teórico	8
3.1 Estándar de comunicación inalámbrica IEEE 802.15.4.....	8
3.2 Protocolo de comunicación inalámbrica MiWi™ P2P.....	10
3.3 Familia de microcontroladores PIC24FJ64GA004.....	14
3.4 Módulo transceptor de radiofrecuencia MRF24J40MA.....	16
3.5 Protocolo de comunicación SPI en PIC24F.....	19
3.6 Protocolo de comunicación RS-232.....	20
3.7 Plan nacional de atribución de frecuencias.....	22
3.8 Microsoft Visual Basic 6.0	22
Capítulo 4. Procedimiento metodológico.....	24
4.1 Reconocimiento y definición del problema	24
4.2 Obtención y análisis de información.....	25
4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de la solución.....	26
4.4 Implementación de la solución	26
4.5 Reevaluación y rediseño	28
Capítulo 5. Descripción detallada de la solución.....	29
5.1 Análisis de soluciones y selección final.....	29
5.1.1 Extracción y procesamiento de la información de los motores principales.....	29
5.1.2 Transmisión de la información en forma inalámbrica	31
5.1.3 Muestreo y procesamiento matemático de los datos en la PC.....	32
5.1.4 Almacenamiento de muestras para la toma de decisiones	33
5.2 Descripción del hardware	34
5.2.1 Nodo remoto	34
5.2.1.1 Módulo A. Obtención de los datos	34
5.2.1.2 Módulo B. Procesamiento de la señal.....	36
5.2.1.3 Módulo C. Transmisión del dato	37
5.2.1.4 Módulo D. Alimentación eléctrica del nodo.....	38
5.2.1.5 Circuito del nodo remoto	39
5.2.2 Nodo base.....	41
5.2.2.1 Módulo E. Recepción del dato.....	41
5.2.2.2 Módulo F. Procesamiento del dato	43
5.2.2.3 Módulo G. Transmisión por puerto serie.....	44
5.2.2.4 Módulo H. Alimentación eléctrica del nodo.....	45
5.2.2.5 Circuito del nodo base	45
5.3 Descripción del software.....	46
5.3.1 Descripción general del firmware de los nodos.....	47

5.3.2	Firmware de nodo remoto.....	48
5.3.2.1	Inicialización del hardware y stack en el nodo remoto.....	48
5.3.2.2	Diseño de la trama de transmisión del nodo remoto.....	49
5.3.2.3	Funcionamiento general del nodo remoto.....	50
5.3.3	Firmware del nodo base.....	53
5.3.3.1	Inicialización del hardware y stack en el nodo base.....	53
5.3.3.2	Diseño de las tramas de transmisión del nodo base.....	54
5.3.3.3	Funcionamiento general del nodo base.....	55
5.3.4	Descripción del software en la computadora.....	58
5.3.4.1	Pantalla principal.....	58
5.3.4.2	Nuevo operario.....	64
5.3.4.3	Record y edición de operarios.....	67
5.3.4.4	Nueva estación.....	70
5.3.4.5	Record y edición de la estación.....	72
5.3.4.6	Conexión con la base de datos Access.....	74
Capítulo 6.	Análisis de resultados.....	82
6.1	Extracción de los datos.....	82
6.2	Cálculo de las revoluciones.....	85
6.3	Comunicación inalámbrica.....	86
6.4	Programa principal.....	89
6.5	Almacenamiento de la información.....	90
Capítulo 7.	Conclusiones y recomendaciones.....	92
7.1	Conclusiones.....	92
7.2	Recomendaciones.....	93
Apéndices.....		98
Apéndice A.1	Glosario, abreviaturas y simbología.....	98
Apéndice A.2	Manual de usuario.....	101
Apéndice A.3	Información sobre la empresa.....	102
Anexos.....		103
Anexo B.1	Tren de pulsos de la captura de datos.....	103
Anexo B.2	Hoja de datos PICKit TM 2.....	105
Anexo B.3	Hoja de datos PIC24FJ64GA004.....	108
Anexo B.4	Hoja de datos MRF24J40MA.....	110
Anexo B.5	Hoja de datos LM741.....	113
Anexo B.6	Hoja de datos NTE1904.....	115
Anexo B.7	Hoja de datos 1N4448.....	117
Anexo B.8	Hoja de datos Tektronix TDS 220.....	119
Anexo B.9	Hoja de datos MAX232.....	121
Anexo B.10	Hoja de datos NE555.....	123
Anexo B.11	Otros equipos sin disponibilidad de hojas de datos.....	125

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama de bloques del proceso general de producción de empaques....	2
Figura 1.2 Diagrama de bloques general de la solución	5
Figura 3.1 Topología estrella en el protocolo MiWi™	12
Figura 3.2 Topología estrella en el protocolo MiWi™	12
Figura 3.3 Proceso de enlace para la conexión MiWi P2P	13
Figura 3.4 Operación normal del protocolo MiWi P2P	14
Figura 3.5 Diagrama de bloques del transceptor MRF24J40MA	16
Figura 3.6 Diagrama de bloques del transceptor MRF24J40MA en modo esclavo para el control del flujo de datos	17
Figura 3.7 Temporización de señales para la escritura en el puerto SPI	18
Figura 3.8 Temporización de señales para la lectura en el puerto SPI	18
Figura 3.9 Terminales de puerto serie DB9 macho y hembra	21
Figura 5.1 Diagrama de bloques de la solución general	29
Figura 5.2 Diagrama de bloques general del nodo remoto	34
Figura 5.3 Diagrama del circuito de obtención de datos del nodo remoto	35
Figura 5.4 Diagrama del circuito de procesamiento de la señal del nodo remoto	37
Figura 5.5 Diagrama del circuito de transmisión de dato del nodo remoto	37
Figura 5.6 Diagrama del circuito de alimentación eléctrica del nodo remoto.....	39
Figura 5.7 Circuito completo del nodo remoto	40
Figura 5.8 Diagrama de bloques general del nodo base.....	41
Figura 5.9 Diagrama del circuito de transmisión de dato del nodo base	42
Figura 5.10 Diagrama del circuito de procesamiento de la señal del nodo base	43
Figura 5.11 Diagrama del circuito de transmisión por puerto serie	44
Figura 5.12 Diagrama del circuito de alimentación eléctrica del nodo base	45
Figura 5.13 Circuito completo del nodo base	46
Figura 5.14 Operación normal del protocolo MiWi P2P [10].....	47
Figura 5.15 Diagrama de flujo general del funcionamiento del nodo remoto.....	52
Figura 5.16 Diagrama de flujo general del funcionamiento del nodo base	57
Figura 5.17 Pantalla principal del programa	59
Figura 5.18 Algoritmo de extracción de la identificación del nodo asignado a la unidad y el dato de velocidad.....	61
Figura 5.19 Diagrama de flujo general del funcionamiento de sistema al asignar unidad y operario en el nodo correspondiente	62
Figura 5.20 Diagrama de flujo general del funcionamiento de sistema al asignar unidad y operario en el nodo correspondiente (continuación).....	63
Figura 5.21 Pantalla para el ingreso de nuevos operarios.....	64
Figura 5.22 Diagrama de flujo de la captura de la fotografía del operario.....	65
Figura 5.23 Diagrama de flujo del ingreso de nuevos operarios.....	66
Figura 5.24 Pantalla de despliegue de producción por operario y edición de anotaciones	67
Figura 5.25 Solicitud y despliegue del record y anotaciones del operario.....	69
Figura 5.26 Pantalla para el ingreso de nuevas estaciones	70

Figura 5.27 Diagrama de flujo del ingreso de nuevas estaciones/unidades	71
Figura 5.28 Pantalla de despliegue de producción por estación y edición de anotaciones	72
Figura 5.29 Solicitud y despliegue del record y anotaciones de la estación	73
Figura 5.30 Campos de la tabla Estación	75
Figura 5.31 Campos de la tabla Operario	76
Figura 5.32 Anotaciones sobre la estación	76
Figura 5.33 Anotaciones sobre el operario	77
Figura 5.34 Campos de la tabla operaciones	78
Figura 5.35 Solicitud de búsqueda de operario	78
Figura 5.36 Solicitud de búsqueda de estación	80
Figura 5.37 Solicitud de búsqueda de operación.....	81
Figura 6.1 Simulación de la extracción de los datos	82
Figura 6.2 Simulación de la interrupción del enlace infrarrojo con un ventilador de una sola aspa a 39.49Hz	84
Figura 6.3 Pruebas de alcance de los nodos remotos.....	88
Figura 6.4 Valor capturado de las revoluciones y su conversión a piezas producidas con factor 3.....	89
Figura 6.5 Valor capturado de las revoluciones y su conversión a piezas producidas con factor 1.2	90

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Principales propiedades del estándar IEEE 802.15.4	10
Tabla 3.2 Funciones de los pines de la terminal DB9	21
Tabla 5.1 Conexión MRF24J40MA a PIC24FJ32GA004 y su función en el nodo remoto	38
Tabla 5.2 Conexión MRF24J40MA a PIC24FJ32GA004 y su función en el nodo base	42
Tabla 5.3 Configuración en el firmware de la asignación de puertos en el microcontrolador del nodo remoto	49
Tabla 5.4 Trama general transmitida del nodo remoto al nodo base	49
Tabla 5.5 Trama para envío de información del nodo remoto 1	51
Tabla 5.6 Configuración en el firmware de la asignación de puertos en el microcontrolador del nodo base	53
Tabla 5.7 Trama general transmitida del nodo base al nodo remoto	54
Tabla 5.8 Trama de solicitud de datos al nodo remoto 1	55
Tabla 6.1 Regulación de tensión para la captura de datos	83
Tabla 6.2 Comparación entre frecuencia de entrada y salida junto a su porcentaje de error	85
Tabla 6.3 Distancia de prueba de los nodos remotos al nodo base	87

Capítulo 1. Introducción

En este capítulo se describe la problemática que justifica el desarrollo de este proyecto bajo el entorno de trabajo, circunstancias, necesidades y medios que dan pie a la importancia para la empresa en contar con la solución adecuada para dicha problemática.

1.1 Problema existente e importancia de su solución

Industrias Elegantes S.A., ubicada en Curridabat, es una compañía que se fundó en 1984 siendo pionera a nivel centroamericano como la primera planta fabricante de películas polipropileno y primer compañía fabricante de películas CAST en Costa Rica. Actualmente se especializa en producir empaques flexibles de monocapa, multicapas coextruidos y laminados en distintos materiales. Su gama de productos va dirigido los sectores alimenticio, textil, lácteo, industrial, agrícola, farmacéutico, químico y hospitalario. Su departamento de producción se divide en tres áreas que son conversión, impresión y extrusión. Estas se encargan de diseñar el empaque, la extrusión del material, preparación del arte, impresión, conversión, perforación, laminación y formación de bolsa por lo que posee el proceso de fabricación completo. La preparación del arte y la impresión son un proceso opcional. En términos generales el proceso se resume según se muestra en la Figura 1.1.

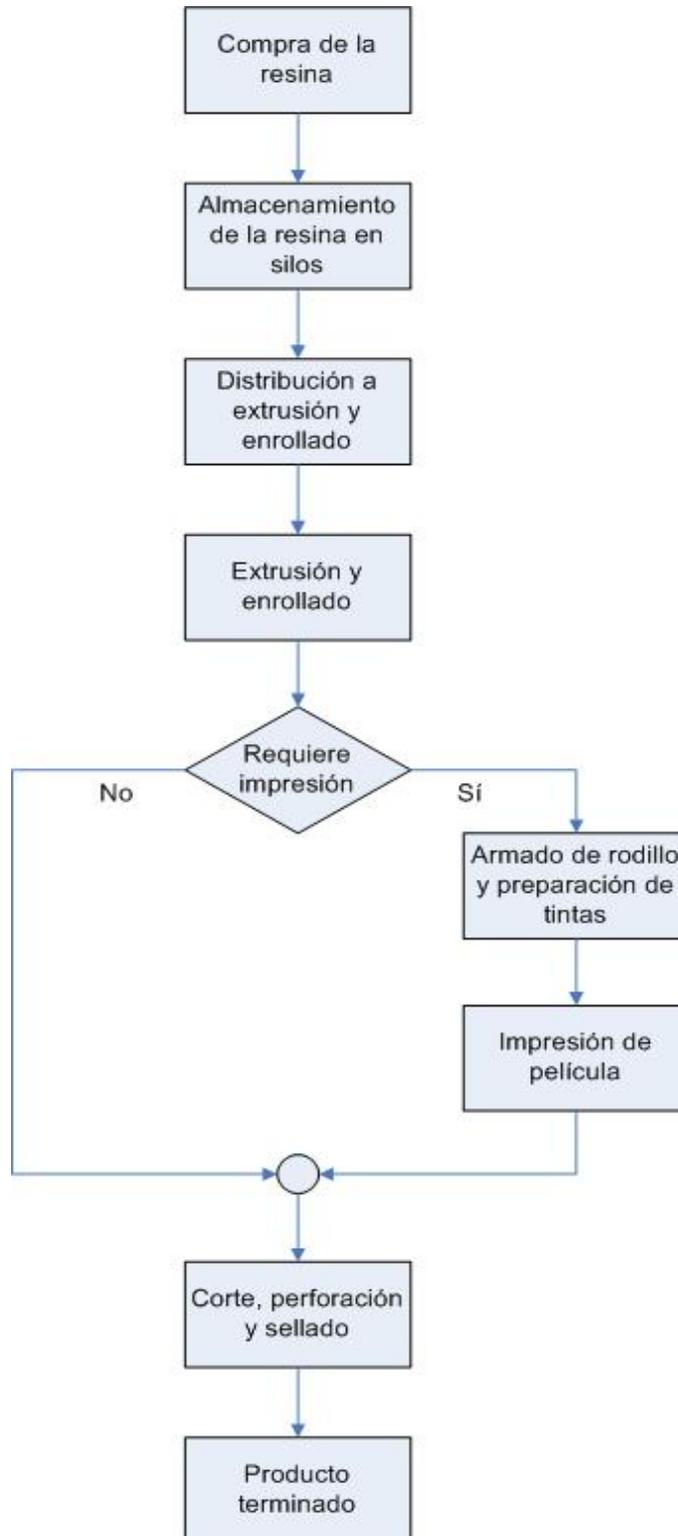


Figura 1.1 Diagrama de bloques del proceso general de producción de empaques

En planta se cuenta con 36 operarios en tres turnos de ocho horas o dos turnos de doce horas según sea la demanda en la producción. Esto representa de trece a dieciocho personas trabajando en planta por turno. Cuentan con tres máquinas convertidoras de bolsas tipo sello fondo, seis máquinas convertidoras de bolsa tipo sello lateral, cuatro extrusoras de soplado de película de polipropileno, tres impresoras flexográficas, una cortadora (slitter) y embobinadoras.

La operación básica de las máquinas se realiza por medio de motores trifásicos controlados por variadores de frecuencia marca Delta, Speecon y Winner que regulan la cantidad de corriente hacia el motor para así poder controlar la velocidad de los mismos en el proceso de producción en cada área. Varias de estas máquinas trabajan hasta con tres variadores de frecuencia para regular la velocidad de diferentes partes como rodillos de arrastre de material, motor principal y cuchilla, como en el caso de las máquinas convertidoras de bolsa tipo sello lateral. Otras máquinas funcionan con motores tipo T que trabajan a baja velocidad con torque variable y son controlados por una especie de potenciómetros gigantes, sistema utilizado anterior a la tecnología de variadores de frecuencia. Las máquinas no están conectadas entre sí y no se tiene un control claro sobre el trabajo en cada una de ellas. En la planta se tienen únicamente conexiones eléctricas y agua por lo que no existen conexiones de red o comunicación.

Dado que la manufacturación de producto es independiente en cada máquina de cada área y las máquinas trabajan a diferentes velocidades, cualquier retraso en una de las unidades conlleva un retraso en el proceso de producción, sobre todo en las primeras etapas. Este problema ha sido recurrente por varios factores. Uno de ellos es el mal funcionamiento en las máquinas, sobre todo en las más antiguas, haciendo que el producto que está en las máquinas pueda dañarse. El mal funcionamiento es causado por la falta en mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas dado que solo se les da mantenimiento si hay fallos. Otro factor de influencia son los problemas o errores humanos ya que no se tiene ningún indicador a nivel de producción que refleje un desempeño eficiente de la productividad de cada operario para saber si les hace falta más capacitación o motivación a nivel laboral.

Los inconvenientes que esto genera son muy serios tales como retrasos en los tiempos de entrega de producto terminado al cliente, carga de trabajo sobre los operarios, elevación de los costos de producción por una falta de previsión en el mantenimiento, pérdida de material y horas operario. Inclusive puede acarrear problemas legales con los contratos de clientes.

1.2 Solución seleccionada

La solución implementada cumple con los requerimientos que fueron definidos en las visitas a la empresa, relacionados principalmente con el problema planteado y las dificultades que implicaba el mismo, además de acatar normas, legislación y los estándares técnicos aprobados por organismos internacionales. A continuación se mencionan los principales requisitos del proyecto:

- Poder obtener la información relacionada con la producción algunas de las máquinas y tener la posibilidad de implementar, a futuro, la solución en todas las máquinas o unidades de la línea de producción.
- Implementar la solución inicialmente a máquinas en la línea de producción con la posibilidad de adaptarla según las necesidades y el presupuesto.
- Garantizar al o los encargados del departamento de producción la posibilidad de llevar un control estadístico adecuado de las condiciones de operación de las máquinas en el tiempo.
- Mantener la integridad en la comunicación de los datos en caso que se presente algún fallo en la transmisión desde alguno de los nodos.
- Procurar el bajo consumo de energía en la captura y transmisión de datos.
- Tener un costo bajo en implementación para la viabilidad económica del proyecto.
- Considerar la regulación en legislación relativa a la transmisión de datos de corto alcance.

Para cumplir con los requisitos antes mencionados y teniendo en cuenta el entorno del problema, se planteó diseñar un sistema de monitoreo capaz de registrar

y monitorizar el desempeño de las máquinas en la línea de producción, según las necesidades del departamento de producción. Para ello utilizó la velocidad del motor principal de las máquinas ya que guarda estrecha relación con la cantidad de piezas producidas en cada una de las etapas de la línea de producción. Este dato se extrae en forma analógica por medio de sensores. Dadas las condiciones nulas de comunicación en la planta, se utilizó un protocolo de comunicación inalámbrica para enviar estos datos a un nodo base. El nodo base se encarga de transmitir el dato a una computadora central para procesar y almacenar en una base de datos la información obtenida de la línea de producción en un intervalo de tiempo definido. En una manera general, el proceso se explica en la Figura 1.2.

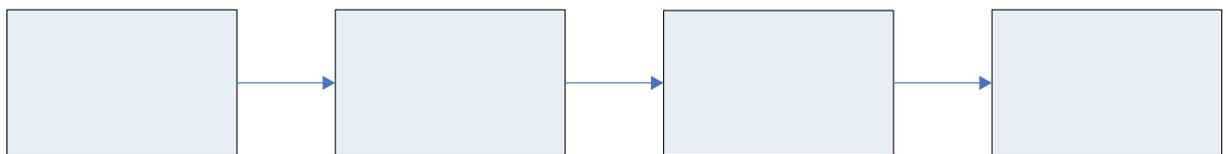


Figura 1.2 Diagrama de bloques general de la solución

Extracción y
procesamiento de la
información de los
motores principales

Transmisión de
información en forma
inalámbrica

Capítulo 2. Meta y Objetivos

En este capítulo se describen la meta y los objetivos realizados para alcanzar el desarrollo total del proyecto.

2.1 Meta

Tener un control más eficiente y realista sobre la productividad de los empleados y máquinas para mejorar los tiempos de entrega de producto terminado al cliente y prever posibles problemas de manufacturación en la línea de producción.

2.2 Objetivo general

Desarrollar un sistema capaz de registrar y monitorizar, de manera inalámbrica, el desempeño de las máquinas en la línea de producción de la empresa Industrias Elegantes S.A.

2.3 Objetivos específicos

a. Objetivos de hardware

- Implementar el hardware necesario para la extracción y acondicionamiento de la información del motor principal de las máquinas por medio de sensores infrarrojos.
- Implementar el prototipo del nodo remoto con el hardware necesario para el control de la transmisión de datos, por parte de un microcontrolador PIC24FJ64GA004 y un transceptor en el nodo remoto, a través del protocolo de transmisión inalámbrico.
- Implementar el prototipo del nodo base con el hardware necesario para el control de la recepción de datos, utilizando un microcontrolador PIC24FJ64GA004 y un transceptor en el nodo base, a través del protocolo de transmisión inalámbrico.

- Implementar la comunicación serial entre el microcontrolador del nodo base y la computadora central.

b. Objetivos de software

- Desarrollar el *firmware* en el microcontrolador del nodo remoto necesario para interpretar la información del motor principal.
- Desarrollar el protocolo de comunicación para la transmisión y recepción de datos entre el nodo base y el nodo remoto.
- Desarrollar el protocolo de comunicación serial entre el microcontrolador del nodo base y la computadora central.
- Desarrollar el *software* en la computadora central que sea capaz de mostrar la información actual de los nodos base y almacenar esta información en una base de datos.
- Desarrollar una base de datos que almacene la información necesaria para el monitoreo y la toma de decisiones.

c. Objetivos de documentación

- Presentar un manual de usuario escrito y digital, en el que se detalle los pasos a seguir para utilizar en forma adecuada el *software* de usuario en la computadora central, además de las recomendaciones para la instalación del los nodos remotos.

d. Objetivos de implementación

- Instalar de manera adecuada los nodos remotos y el nodo base para garantizar el funcionamiento de los mismos.
- Capacitar al gerente de producción y/o al personal encargado sobre la instalación del sistema de monitoreo.

Capítulo 3. Marco teórico

En este capítulo se enmarcan los diferentes principios y conceptos necesarios para comprender el desarrollo del proyecto y la solución del problema.

3.1 Estándar de comunicación inalámbrica IEEE 802.15.4

El estándar de comunicación inalámbrica IEEE 802.15.4 [7] define el nivel físico (PHY) y el control de acceso al medio (MAC) en redes inalámbricas de área personal (WPAN) con requerimientos de bajo consumo de energía y baja tasa de transferencia de datos. Este estándar inicia en el año 2000 por el grupo 15 de trabajo IEEE 802 como una necesidad para poder bajar los costos ambientales industriales y caseros.

El estándar IEEE 802.15.4 está basado en el estándar IEEE 802.2 en donde el nivel inferior es separado en dos subcapas físicas responsables del control de enlace lógico. Este nivel, nivel físico (PHY) como se llamó anteriormente, es el encargado de proveer el control sobre la transmisión de datos manejando el transceptor de radiofrecuencia y seleccionar los canales junto con el control de consumo y de la señal. Ambas subcapas físicas se basan en métodos de secuencia directa de espectro extendido (DSSS) que resultan en bajos costos de implementación digital y ambas comparten la misma estructura básica de paquetes con operaciones de bajo consumo de energía. La principal diferencia entre ambos niveles físicos radica en la banda de frecuencias, una de las subcapas maneja las frecuencias 868 MHz y 915 MHz mientras que la otra subcapa la de 2.4 GHz. Con ello es posible seleccionar la banda de frecuencia.

La subcapa física PHY 2.4 GHz, especifica la operación en la banda industrial, médica y científica (ISM), que prácticamente está disponible libremente a nivel mundial y tiene hasta 16 canales. Se establece en el rango entre 2400 MHz y 2483.5 MHz y permite un rango de transmisión de 250 kb/s.

La subcapa física PHY 868/915 MHz especifica operaciones en la banda de 865 MHz en Europa y 915 MHz en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical Applications) en Estados Unidos. Por otro lado las bandas de 868 MHz y 915 MHz

ofrecen una alternativa a la congestión creciente y demás asociadas a la banda de 2.4 GHz y mayores rangos por enlace debido a que existen menores pérdidas de propagación. Anteriormente esta subcapa física, de los 868/915 MHz, ofrece rangos de transmisión de 20 kb/s y 40 kb/s respectivamente que son atribuidos principalmente a un mayor orden en la modulación, en la cual cada símbolo representa múltiples bits. En la revisión de 2006 incrementa las tasas de datos máximas de las bandas de 868/915 MHz, que permiten hasta 100 y 250 kb/s. [6]

Por ejemplo la baja densidad de datos en la PHY 868/915 MHz se puede ocupar para lograr mayor sensibilidad y mayores áreas de cobertura, con lo que se reduce el número de nodos requeridos para cubrir un área geográfica, mientras que el rango superior de transmisión en la PHY 2.4 GHz se puede utilizar para conseguir salidas superiores y de poca latencia. [6]

El control de acceso al medio (MAC) es la capa superior al nivel físico que transmite tramas usando para ello el nivel físico. Sus características son la asociación y la disociación, reconocimientos de entrega de trama, mecanismos de acceso y regulación al canal, validación de trama, garantía del manejo de las ranuras de tiempo y manejo de guías.

El administrador de servicios MAC 802.15.4 tiene 26 instrucciones, y comparado con el 802.15.1 (más conocido como bluetooth, que tiene alrededor de 131 instrucciones en 32 eventos), es muy simple y muy versátil para las aplicaciones hacia las que fue orientado.

La comunicación entre nodos se realiza por medio de tramas. Hay cuatro tipos distintos de tramas: datos, sincronización, balizas y control MAC, que constituyen un compromiso. La contención se da entre los límites de la trama y se resuelve por medio de CSMA/CA (Carrier Sense, Multiple Access, Collision Avoidance o acceso múltiple por detección de portadora con evasión de colisiones) que es un protocolo de control de redes de bajo nivel que permite que múltiples estaciones utilicen un mismo medio de transmisión. Toda transmisión debe finalizar antes de la llegada de la segunda baliza (Códigos que se colocan en los extremos de los datos enviados inalámbricamente, los cuales señalizan el inicio y fin del dato enviado). La

transferencia de datos requiere una fase de sincronización por balizas, si están en uso, seguida por una transmisión con CSMA/CA con confirmación. Las transferencias iniciadas por el coordinador suelen atender a peticiones de los dispositivos.

A manera de resumen, algunas de sus principales características del estándar IEEE 802.15.4 se presentan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Principales propiedades del estándar IEEE 802.15.4

Propiedad	Rango
Rango de transmisión de datos	868 MHz: 100 kb/s 915 MHz: 250kb/s 2.4 GHz: 250 kb/s
Alcance	10 a 20 metros.
Latencia	Abajo de los 15 ms.
Bandas de frecuencia y canales	868 MHz: 11 canales 915 MHz: 11 canales 2.4 GHz: 16 canales
Direccionamiento	8 bits o 64 bits
Canal de acceso	CSMA-CA
Temperatura	Entre -40°C y 85°C

IEEE 802.15.4 soporta múltiples topologías para su conexión en red, entre ellas la topología tipo estrella y la topología punto a punto (P2P).

3.2 Protocolo de comunicación inalámbrica MiWi™ P2P

El protocolo MiWi™ P2P [10] es una variante del estándar IEEE 802.15.4, en el que se utiliza el transceptor MRF24J40 2.4GHz de Microchip™ con cualquier microcontrolador de 8, 16 o 32 bits que tengan una interfaz de periférico serie SPI. Modifica las especificaciones de la capa MAC (Media Access Control) agregando comandos que simplifican el proceso de enlace, la desconexión y el cambio de canal. Algunas características importantes de este protocolo son:

- Provee 16 canales en el espectro de 2.4GHz.

- Puede operar en plataformas PIC18, PIC24, dsPIC33 Y PIC32 de Microchip™.
- Es compatible con los compiladores C18, C30 y C32 de Microchip™.
- Tiene la posibilidad de escanear para detectar el nivel de energía y así trabajar en el canal menor ruidoso.
- Provee escaneo activos para detectar conexiones existentes.
- Implementa todos los modos de seguridad definidos por el estándar IEEE 802.15.4.
- Permite el cambio de la frecuencia para utilizar otros canales.
- Es de uso libre si se utiliza en conjunto con productos de Microchip.

Luego de la segunda revisión del protocolo en 2006, conocida como IEEE 802.15.4b o 802.15.4-2006, se incluyeron dos capas físicas más en subfrecuencias que operan en el espectro de 868 MHz y 915 MHz, siendo estas agregadas a la ya existente frecuencia de libre uso 2.4 Ghz. La capa física o capa PHY contiene el hardware básico para la transmisión en tecnología de redes y es una capa fundamental como soporte para las estructuras de datos lógicas en las funciones de alto nivel en redes.

La topología utilizada en este protocolo puede ser estrella o punto a punto. La topología típica en estrella se muestra en la Figura 3.1 y tiene un coordinador principal en la red inalámbrica de área personal (PAN) que inicia las comunicaciones y acepta la conexión de los nodos. Pueden existir muchos nodos finales que pueden conectarse pero solo tienen la capacidad de establecer conexión con el coordinador PAN. Funcionalmente en esta topología el coordinador principal PAN es un nodo funcional completo (FFD). Los nodos en la red pueden ser coordinadores secundarios (FFD end device) que están siempre activos o nodos con funciones reducidas con la capacidad de estar inactivos (RFD end device).

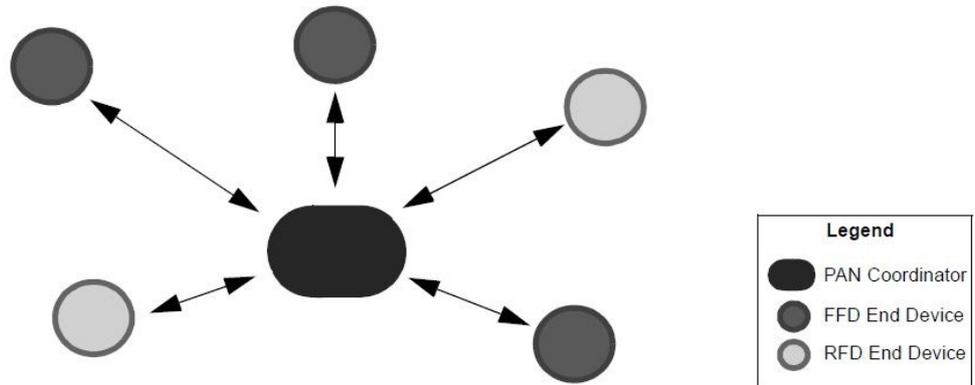


Figura 3.1 Topología estrella en el protocolo MiWi™

La topología típica punto a punto o P2P también tiene un coordinador principal PAN que inicia la comunicación con los nodos en la red. Conforme los nodos se unen a la red, estos no necesariamente deben establecer conexión con el nodo coordinador principal PAN. El nodo coordinador principal PAN es un nodo FFD, mientras que los demás nodos pueden ser FFD o RFD. En esta topología los nodos FFD pueden tener múltiples conexiones, mientras que los nodos RFD únicamente pueden conectarse a un nodo FFD. La topología P2P se presenta en la Figura 3.2.

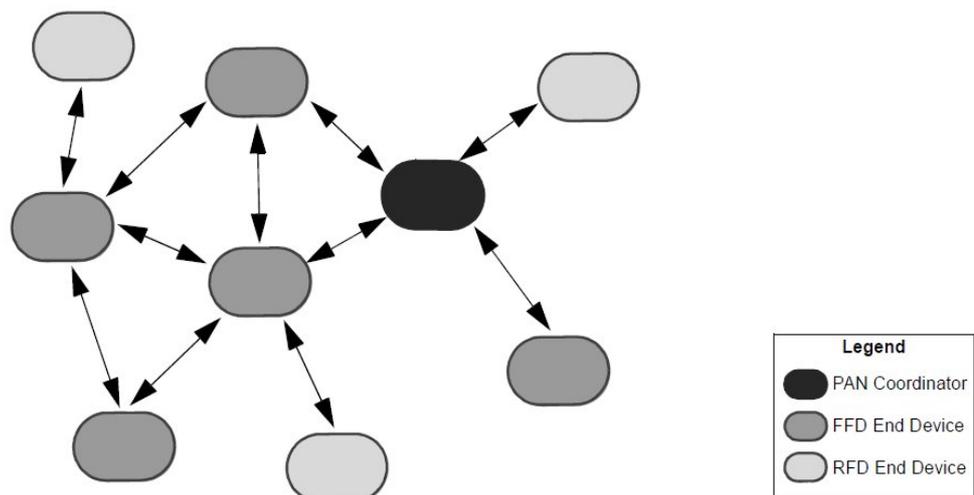


Figura 3.2 Topología estrella en el protocolo MiWi™

Contrario a los cinco pasos de enlace en la especificación IEEE 802.15.4, el protocolo MiWi™ está diseñado para simplificar el enlace entre nodos en estas topologías por lo que utiliza únicamente dos pasos para realizar el enlace. Inicialmente el nodo envía un comando de solicitud de conexión y luego cualquier nodo en el rango de respuesta con una conexión P2P responde a la solicitud. Con este proceso de uno a varios se pueden establecer múltiples conexiones. Esto permite una capacidad máxima de 1024 nodos en la misma red, donde cada coordinador tiene la capacidad de tener 127 dispositivos bajo control. En la Figura 3.3 se presenta gráficamente el proceso de enlace.

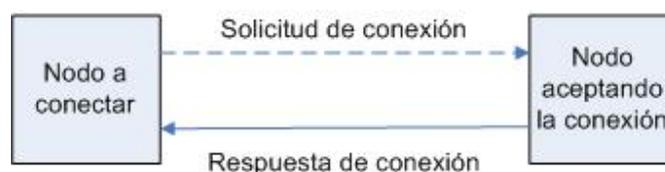


Figura 3.3 Proceso de enlace para la conexión MiWi P2P

Adicionalmente el protocolo MiWi P2P está incluido en una pila de programación diseñada por Microchip® para aplicaciones pequeñas y de bajo costo donde el mínimo consumo de potencia es indispensable. Este consta en una serie de aplicaciones básicas para la mayor parte de periféricos de uso común y que facilita el diseño e implementación de aplicaciones y proyectos. Es posible descargar esta pila en el sitio de Microchip® [14].

En general el funcionamiento del protocolo es el mostrado en la Figura 3.4.

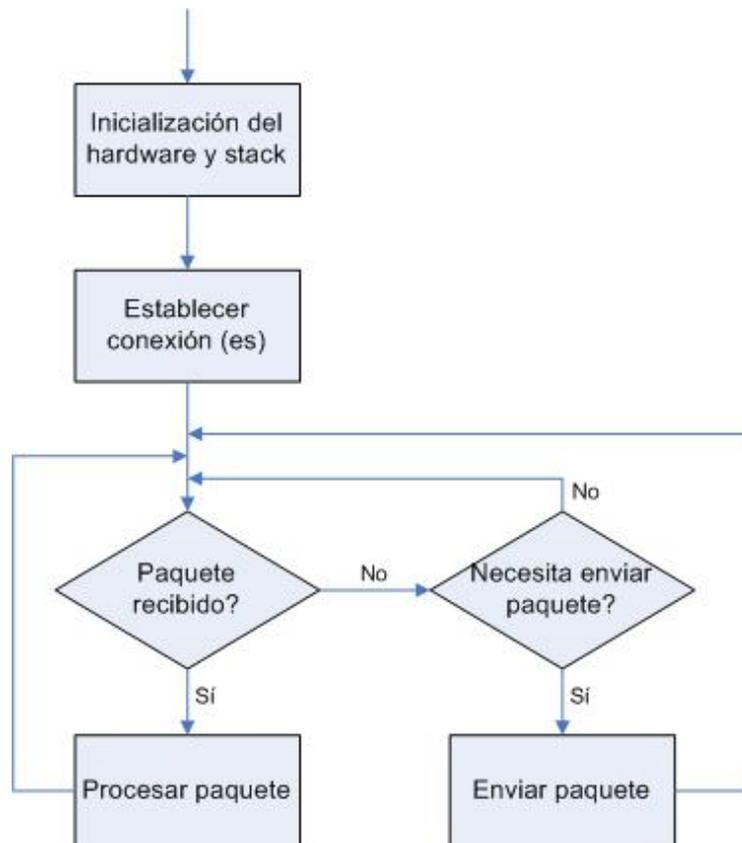


Figura 3.4 Operación normal del protocolo MiWi P2P [10]

3.3 Familia de microcontroladores PIC24FJ64GA004

La familia de microcontroladores PIC24FJ64GA004 [9] tiene una arquitectura Harvard modificada de 16 bits que fue primeramente introducida en controladores de señal digital Microchip dsPIC®. Tiene la capacidad de poder migrar aquellas aplicaciones de alto rendimiento de 8 bits sin tener que requerir el gran poder de procesamiento numérico de los sistemas de señal digitales. Además tiene una serie de características importantes tales como:

- 16 bits de datos y 24 bits de dirección con la habilidad de mover información entre datos y espacios de memoria.

- Direccionamiento lineal de hasta 12 Mbytes es memoria de programa y 64Kbytes en memoria de datos.
- Multiplicador de hardware 17x17.
- El hardware soporta divisiones de 32 a 16 bits.
- Su ser de instrucciones soporta múltiples modos de direccionamiento y está optimizado para lenguajes de alto nivel como “C”.
- Puede operar hasta con 16 MIPS.

La familia PIC24FJ64GA004 incorpora una amplia gama de periféricos para la comunicación serie para manejar una amplia variedad de aplicaciones. Tiene dos módulos I²C que soportan los modos de operación maestro y esclavo. Puede trabajar con dos módulos UART independientes y dos módulos de interfaz de periférico serie SPI.

Es posible mapear la mayoría de los puertos de periféricos digitales a cualquiera de los diferentes pines de los microcontroladores (excepto los pines de alimentación y oscilador), sean puertos de entrada o salida según lo disponga el programador. Esto permite reducir la cantidad de espacio en los diseños ya que elimina la complejidad en la conexión con diversos componentes externos y periféricos. Los puertos de propósito general pueden ser reconfigurados para manejar comunicación paralela de datos. En este modo de operación, el puerto puede ser configurado en modo maestro o esclavo y soporta transferencia de datos de 8 bits y 16 bits con hasta 16 líneas externas de dirección en modo maestro.

Tiene un módulo convertidor A/D de 10 bits que incorpora adquisición de tiempo programable, permitiendo que el canal sea seleccionado y la conversión inicie sin esperar el periodo de muestreo, así como muestreos más rápidos.

3.4 Módulo transceptor de radiofrecuencia MRF24J40MA

El módulo transceptor de radiofrecuencia MRF24J40MA [11] cumple con las normas del protocolo 2.4 GHz IEEE 802.15.4. Su diseño integrado libera al integrador de los cálculos de radiofrecuencia, diseño de antena y cumplimientos con pruebas regulatorias. Ofrece soporte a topologías de red inalámbrica en estrella y punto a punto (P2P) y dado que el protocolo es una variante del 802.15.4 su alcance ha sido mejorado hasta 122 metros en línea de vista.

La complejidad de uso del MRF24J40MA se ve reducida ya que integra un cristal interno, regulador de voltaje, antena PCB y la circuitería y los componentes discretos de polarización necesarios para acondicionar la conexión de la antena, la entrada de datos y transmisión por sus puertos. Es compatible con la mayor parte de familias de microcontroladores Microchip® de 8 bits, 16 bits o 32 bits, entre ellas PIC16F, PIC18, PIC24F/H, dsPIC33 y PIC32.

Algunas de sus características físicas más importantes son su tensión de operación entre 2.4V y 3.6V, y cuatro puertos de comunicación SPI por donde se transmiten todos los datos de y hacia el transceptor. En la Figura 3.5 se muestra modularmente el MRF24J40MA donde se representa por bloques las capas PHY y MAC, el bloque regulador de poder, la circuitería de enlace con la antena PCB y la interfaz SPI.

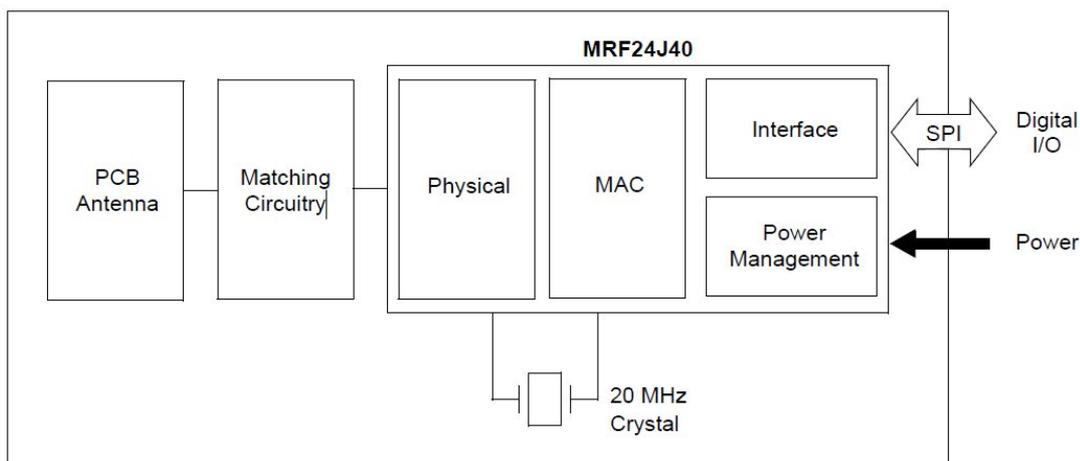


Figura 3.5 Diagrama de bloques del transceptor MRF24J40MA

Como se mencionó anteriormente el MRF24J40 se comunica con su microcontrolador maestro por medio de cuatro pines SPI en modo esclavo. Adicionalmente es necesario realizar el control sobre la habilitación del transceptor, de la solicitud y atención de interrupciones, reinicio y reposo/activación. La Figura 3.6 muestra esta interconexión.

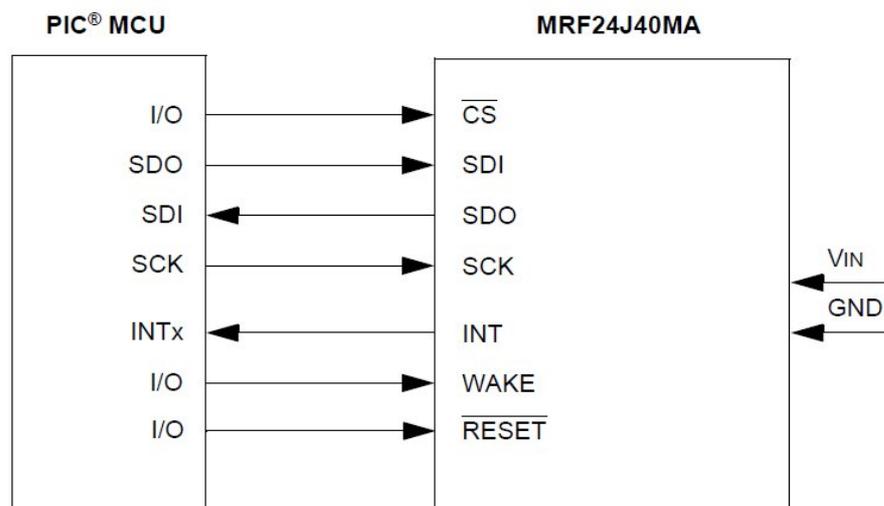


Figura 3.6 Diagrama de bloques del transceptor MRF24J40MA en modo esclavo para el control del flujo de datos

El modo de escritura del puerto SPI se requiere que su señal de reloj SCK cambie a flanco positivo y la activación (\overline{CS}) del MRF24J40MA. Mientras se encuentre activo es posible escribir en el puerto SPI por medio del pin SDI, tal y como se muestra en la Figura 3.7.

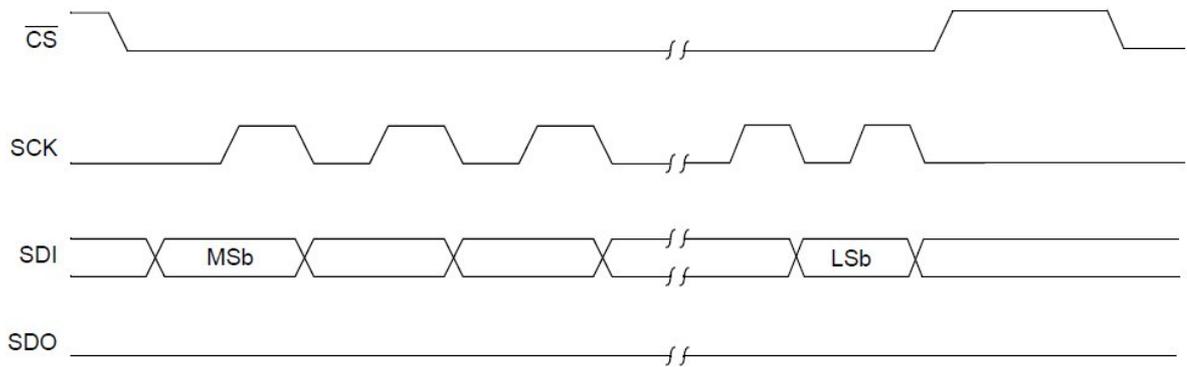


Figura 3.7 Temporización de señales para la escritura en el puerto SPI

El modo de lectura del puerto SPI se requiere que su señal de reloj SCK cambie a flanco negativo y la activación (!CS) del MRF24J40MA. Mientras se encuentre activo es posible escribir en el puerto SPI tal y como se muestra en la Figura 3.8.

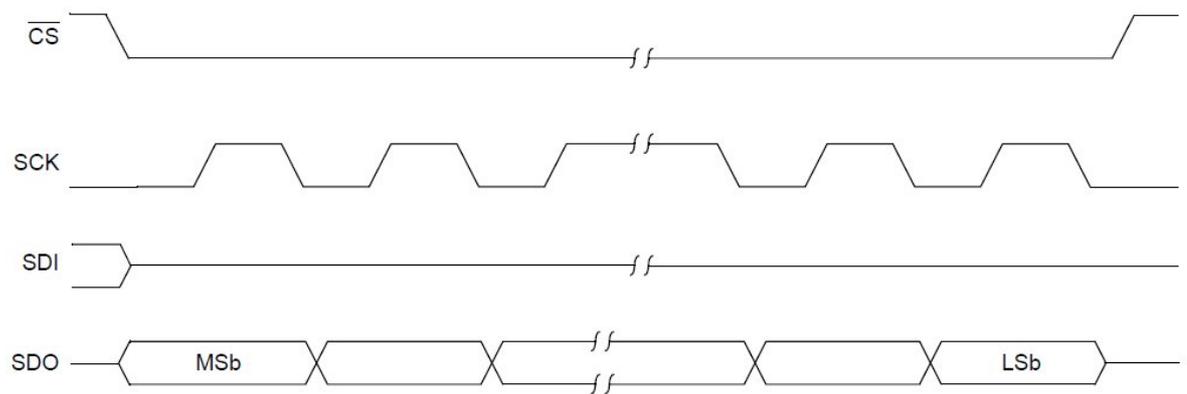


Figura 3.8 Temporización de señales para la lectura en el puerto SPI

El módulo MRF24J40MA es compatible para ser utilizado con las pilas de programación de ZigBee®, MiWi™ y Miwi P2P, todos de Microchip®. En conjunto pueden atender una gran variedad de aplicaciones en redes inalámbricas, control remoto, redes inalámbricas de sensores de bajo consumo de energía y otros periféricos de lectura, tanto analógica con digital, con una instalación de código muy reducida de 3K bytes para sus microcontroladores. La pila de programación del P2P MiWi proporciona modo dormido, barrido activo y detección de energía que permiten

un funcionamiento robusto al tiempo que ofrece soporte a los requisitos de bajo consumo de los dispositivos alimentados mediante baterías en las aplicaciones en que sea necesario implementarlo.

3.5 Protocolo de comunicación SPI en PIC24F

El protocolo de comunicación SPI (Serial Peripheral Interface) es descrito por Microchip® [12] como una interfaz síncrona serie muy utilizada para comunicaciones entre microcontroladores y periféricos. Estos periféricos pueden ser EEPROM serie, registros de corrimiento, convertidores A/D, etc.

Dependiendo de las variantes, la familia PIC24 ofrece uno o dos módulos SPI en un solo dispositivo dependiendo de su tamaño y empaquetado. Los módulos se identifican como SPI1 y SPI2 y son funcionalmente idénticos. El módulo SPI, ya sea SPI1, SPI2 o SPIx en general, consiste en cuatro pines:

- SDIx: entrada de datos serie.
- SDOx: salida de datos serie.
- SCKx: entrada o salida de la señal de reloj.
- SSx/FSYNCx: selección de esclavo activo en bajo o sincronización con el pulso de entrada o salida.

El módulo SPI tiene tres modos de operación:

1. Modo de transmisión/recepción de datos en 8 bits y 16 bits: el Modo16 (16 bits) permite al módulo comunicarse en 8 bits o 16 bits. La funcionalidad es la misma en cada modo, excepto por el número de bits que son recibidos y transmitidos. El módulo se reinicia cuando el Modo16 es cambiado y consecuentemente el modo no debe ser cambiado durante la operación normal. Cuando se transmite o recibe información, se requieren 8 pulsos de reloj en SCKx para mover el dato en modo 8 bits, mientras que se requieren 16 pulsos de reloj en SCKx para el modo en 16 bits.

2. Modos maestro y esclavo: en estos modos de operación, la información puede ser controlada al proveer la señal de reloj del sistema pre escalada por medio

del pin SCKx y la sincronización al dispositivo esclavo es opcional por medio del pin SSx.

3. Modo SPI enmarcado: la única diferencia de este modo al anterior (maestro/esclavo) es la utilización obligatoria del pin SCKx para generar el pulso de reloj y el pin SSx para generar o recibir el marco de sincronización mediante un pulso en SSx.

3.6 Protocolo de comunicación RS-232

El protocolo RS-232 [19] fue elaborado por EIA (Electronics Industry Association), y consiste en una norma para el intercambio serie de datos binarios, en donde se utilizan tres líneas para establecer la comunicación: Rx (recepción de datos), Tx (transmisión de datos) y GND (referencia respecto a tierra). De la misma forma define la interfaz mecánica, los pines, las señales y protocolos que debe cumplir la comunicación serial.

Las normas que deben cumplirse en el protocolo RS-232 están relacionadas con los niveles de tensión, estas son:

- Un "1" lógico es una tensión comprendida entre -5V y -15V en el transmisor y entre -3V y -25V en el receptor.
- Un "0" lógico es una tensión comprendida entre +5V y +15V en el transmisor y entre +3V y +25V en el receptor.

La importancia de conocer esta norma radica en los niveles de tensión que se manejan ya que en la mayor parte de los casos es necesario utilizar una interfaz que haga posible la conversión entre los niveles de tensión del protocolo y los manejados por las familias TTL y CMOS. Otra característica importante es la posibilidad de comunicarse bidireccionalmente en forma simultáneamente (full-duplex) a pesar de contar con solo 3 líneas y a una distancia máxima de 15 metros.

A nivel de *software* es fundamental la selección de la velocidad en baudios (1200, 2400, 4800, etc.), la verificación de datos o paridad (paridad par o paridad

impar o sin paridad), los bits de parada luego de cada dato (1 o 2), y la cantidad de bits por dato (7 o 8) que se utiliza para cada símbolo o carácter enviado.

Este protocolo es utilizado en los puertos seriales de computadoras personales, entre los cuales se encuentran los puertos con terminales DB9 y DB25 [1]. El primero es multiuso mientras que el segundo es utilizado más que todo como conector de puerto serie para impresora. En la Figura 3.9 se muestra las terminales DB9 macho y hembra.



Figura 3.9 Terminales de puerto serie DB9 macho y hembra

Cada uno de sus pines tiene una función particular, tal como lo muestra la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Funciones de los pines de la terminal DB9

Pin	Función
1	CD: Detector de transmisión
2	RXD: Canal para recepción de datos
3	TXD: Canal para transmisión de datos
4	DTR: Terminal de datos lista
5	GND: Tierra
6	DSR: Ajuste de datos listo
7	RTS: Solicitud de transmisión
8	CTS: Listo para enviar
9	RI: Indicador de llamada

3.7 Plan nacional de atribución de frecuencias

El Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) [15] en su Adendum VII hace referencia a las condiciones para el uso de las frecuencias atribuidas como de uso libre, las redes de telecomunicaciones que utilicen estas frecuencias, sus condiciones de operación y especificaciones técnicas vigentes en Costa Rica.

Este último otorga el uso libre y sin concesión para tecnologías digitales OFDM y FSK Espectro disperso, entre otros, en las bandas de 2400-2483, 5150-5250, 5250-5350, 5470-5725 y 5725-5825 MHz y todos aquellos servicios que utilicen potencias inferiores a 250 mW sin antena o con un radio de cobertura no mayor a 200 metros.

3.8 Microsoft Visual Basic 6.0

Microsoft Visual Basic 6.0 [3] es uno de los lenguajes de programación que más entusiasmo despiertan entre los programadores, tanto expertos como novatos. En el caso de los programadores expertos por la facilidad con la que desarrollan aplicaciones complejas en poquísimo tiempo, comparado con la complejidad de programar en Visual C++, por ejemplo. En el caso de los programadores novatos por el hecho de ver de lo que son capaces a los pocos minutos de empezar su aprendizaje. El precio que hay que pagar por utilizar Visual Basic 6.0 es una menor velocidad o eficiencia en las aplicaciones.

Es un lenguaje de programación visual, también llamado lenguaje de 4ª generación. Esto quiere decir que un gran número de tareas se realizan sin escribir código, simplemente con operaciones gráficas realizadas con el ratón sobre la pantalla.

Microsoft Visual Basic 6.0 es también un programa basado en objetos, aunque no orientado a objetos como C++ o Java. La diferencia está en que utiliza objetos con propiedades y métodos, pero carece de los mecanismos de herencia y polimorfismo propios de los verdaderos lenguajes orientados a objetos como Java y C++.

Existen distintos tipos de programas. En los primeros tiempos de las computadoras, los programas eran de tipo secuencial, también llamados tipo *batch*. Un programa secuencial es un programa que se arranca, lee los datos que necesita, realiza los cálculos e imprime o guarda en el disco los resultados. De ordinario, mientras un programa secuencial está ejecutándose no necesita ninguna intervención del usuario. A este tipo de programas se les llama también programas basados u orientados a procedimientos o a algoritmos.

Los programas interactivos exigen la intervención del usuario en tiempo de ejecución, bien para suministrar datos, bien para indicar al programa lo que debe hacer por medio de menús. Los programas interactivos limitan y orientan la acción del usuario. Un ejemplo de programa interactivo podría ser Matlab.

Por su parte los programas orientados a eventos son los programas típicos de Windows, tales como Word, Excel y PowerPoint. Cuando uno de estos programas ha arrancado, lo único que hace es mantenerse a la espera de las acciones del usuario, que en este caso son llamadas eventos.

El usuario dice si quiere abrir y modificar un archivo existente o bien comenzar a crear un archivo desde el principio. Estos programas pasan la mayor parte de su tiempo esperando las acciones del usuario (eventos) y respondiendo a ellas. Las acciones que el usuario puede realizar en un momento determinado son variadísimas, y exigen un tipo especial de programación: la programación orientada a eventos. Este tipo de programación es más complicada que la secuencial y la interactiva pero Microsoft Visual Basic 6.0 lo hace sencillo y agradable.

Capítulo 4. Procedimiento metodológico

En este capítulo se describen los pasos que se siguieron para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto. Se utilizó como referencia el método de diseño de ingeniería, el cual es muy similar al método científico. Primeramente se mencionarán los pasos para identificar el problema para luego realizar el análisis de las posibles soluciones y seleccionar la más adecuada.

4.1 Reconocimiento y definición del problema

El problema fue definido mediante una entrevista con el ingeniero encargado del departamento de producción de la empresa donde externó parte de la problemática de la empresa respecto al proceso de producción de empaques a base de polipropileno. Ello dio pie a una visita inicial con el fin de localizar los posibles problemas que se dan y ofrecer soluciones a los mismos. En esta primera visita se dio una inducción a lo que es el proceso de producción por medio de la visita a cada una de las estaciones. Se observó que cada una de las máquinas en las estaciones trabajan con diferentes tipos de variadores de frecuencia, también no todas las estaciones estaban trabajando en ese momento y las que trabajaban lo hacían a diferentes ritmos de producción por lo que había estaciones con mucho volumen de trabajo y otras con menor volumen. El ingeniero indicaba que dado no llevaban un control adecuado sobre la producción, mantenimiento preventivo de las unidades, capacitación del personal y este problema les estaba acarreando una mala estimación de los tiempos de entrega de producto terminado. Tampoco tenían un parámetro con el cual saber cuáles operarios necesitan más capacitación para tener un desempeño más eficiente en sus unidades o si les hace falta motivación a nivel laboral. Todos estos factores incrementan los costos de producción y la percepción del cliente sobre la empresa. También explicó que una intervención en la operación eléctrica de las máquinas involucraría detener cada una de las unidades y no sería posible por la cantidad de trabajo pendiente. Cualquier posible intervención tendría que ser externa al motor o sistema eléctrico de las máquinas. A manera de síntesis se puede decir que el problema que motiva el desarrollo del proyecto es la falta de un

control adecuado sobre la producción de empaques a base de polipropileno, causando problemas en el mantenimiento de las máquinas, capacitación y atrasos en los tiempos de entrega de producto terminado al cliente por parte de la empresa.

4.2 Obtención y análisis de información

Como se explicó en la sección anterior, la entrevista y la visita a las unidades del departamento de producción fueron claves para tener claro el funcionamiento de cada uno de los variadores de frecuencia de las máquinas, etapas en la producción y desempeño de los operarios. Se tiene acceso a los manuales de algunos de los variadores de frecuencia de las máquinas. La visita también llevó a observar que en la planta únicamente existen conexiones para agua y electricidad, no existen conexiones de red. Como se mencionó anteriormente, el hecho de no poder extraer la información directamente de las máquinas es una restricción para la posible solución al problema por lo que es uno de aspectos de mayor importancia en el proyecto. Otros aspectos que son relevantes y que influyen en la decisión sobre la implementación de la solución son:

- Según el ingeniero encargado del departamento de producción la cantidad de revoluciones del motor principal de las unidades es proporcional a la cantidad de piezas producidas por la misma, en la mayor parte de las máquinas la relación es 1:1.
- En algún momento durante el desarrollo del proyecto, la empresa tiene la posibilidad de conectar una placa, no traslúcida, que gire junto con el eje del motor para poder extraer la velocidad de cada uno de los motores en cada unidad. Esta implementación queda a criterio de los encargados de mantenimiento de la empresa.
- La posibilidad de implementar la solución a todas las unidades de la línea de producción.

- Garantizar al o los encargados del departamento de producción la posibilidad de llevar un control estadístico adecuado de las condiciones de operación de las máquinas en el tiempo.
- Procurar el bajo consumo de energía en la captura y transmisión de datos.
- Tener un costo bajo en implementación para la viabilidad económica del proyecto.
- Considerar la regulación en legislación relativa a la transmisión de datos de corto alcance.

4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de la solución

Dada la información recopilada y teniendo una noción clara de la problemática y de los parámetros y restricciones que se deberían cumplir, se procedió a generar las posibles opciones viables para el cumplimiento de los objetivos y posteriormente la meta. Para esto se requirió dividir el problema en módulos en los cuales cada módulo puede tener una o varias formas de llevarse a cabo. Estos módulos involucran la extracción del dato de las máquinas en las unidades, transmisión de la información, procesamiento de la información, interpretación y registro de la información para la toma de decisiones. De este modo fue posible depurar un diseño, descartando todas aquellas posibilidades que por su complejidad de implementación, costos, confiabilidad y alcances fueron descartándose hasta llegar al desarrollo de una implementación a la solución que cumpliera con todos los parámetros y requerimientos.

4.4 Implementación de la solución

El proceso de implementación de la solución fue lo que consumió mayor tiempo de trabajo ya que conllevó una extensa etapa de investigación de las nuevas tecnologías, e incluso otras a las cuales la ingeniería electrónica está relacionada.

Esto hizo que algunas etapas de implementación duraran mayor tiempo del esperado.

La primera etapa fue la extracción de la información necesaria de las máquinas de las unidades. La limitante de no poder detener las máquinas temporalmente hizo que la solución se comenzara a implementar a lo externo de las mismas, asumiendo un mecanismo que pudiera contabilizar las revoluciones de los motores principales. Esto se realizó mediante simulaciones y variaciones experimentales hasta obtener un modelo y una implementación adecuada para poder procesar la información obtenida de los motores. Posteriormente se implementó físicamente.

La siguiente etapa fue la transmisión de la información desde cada una de las unidades hasta una computadora central. Dadas las condiciones en la planta, se implementó un sistema inalámbrico de comunicación ya que no se cuenta con líneas para transmisión de datos y se tiene la facilidad que al ser inalámbrico puede ser portable. Esta etapa fue puesta a prueba realizando transmisiones de datos ya conocidos para probar su buen funcionamiento y confiabilidad en los datos transmitidos.

La tercera etapa fue el procesamiento de los datos. Según el ingeniero de producción de la empresa los datos arrojados por las máquinas de las unidades tienen una relación estrecha con la cantidad de unidades producidas, por lo que se verificaron estas relaciones que resultaron ser lineales.

Por último se implementó el módulo de visualización de los datos actuales en un lenguaje de alto nivel y de fácil manejo para el usuario. Aquí se incluye el almacenamiento en una base de datos de la información mostrada cada cierto tiempo para llevar un historial de la operación de las unidades junto con la eficiencia de los operarios.

Para dar a conocer el sistema en la empresa se diseñó un manual de usuario en el que detalla el funcionamiento del sistema implementado y sus principales funciones a nivel de *software* y como éste ayudará a la empresa a tener un mejor desempeño.

4.5 Reevaluación y rediseño

Cabe recalcar que la implementación de este proyecto es un prototipo para la solución al problema por lo que es importante llevar un control sobre la operación del mismo a mediano y largo plazo. Esto con el fin de poder realizar modificaciones al sistema, sea necesario tener lecturas de otros datos de las máquinas, implementar más nodos o modificar el *software* para almacenar otra variedad y tipo de información.

Dado un periodo largo de prueba es posible que se quiera implementar los nodos de comunicación en placas impresas y se quiera diseñar el sistema de alimentación para cada uno de las unidades de medición ya que esto no forma parte del desarrollo de este proyecto.

Capítulo 5. Descripción detallada de la solución

En este capítulo encontrará la descripción detallada de la solución de una manera modular en las secciones de descripción de hardware y *software*. También se describen algunas alternativas de solución que se consideraron a la hora de implementar el sistema y que fueron descartadas por su complejidad de implementación, costo y confiabilidad

5.1 Análisis de soluciones y selección final

La solución a implementar debe cumplir, en todo momento, con los requerimientos que fueron definidos en las visitas a la empresa, relacionados principalmente con el problema planteado y las dificultades que implicaba el mismo, además de acatar normas, legislación y los estándares técnicos aprobados por organismos internacionales.

Para realizar una comparación clara de los puntos más importantes en las posibles soluciones se retoma, en la Figura 5.1, el diagrama de bloques general de la solución y se expone módulo a módulo las ventajas y desventajas que llevaron a la selección en cada uno de ellos.

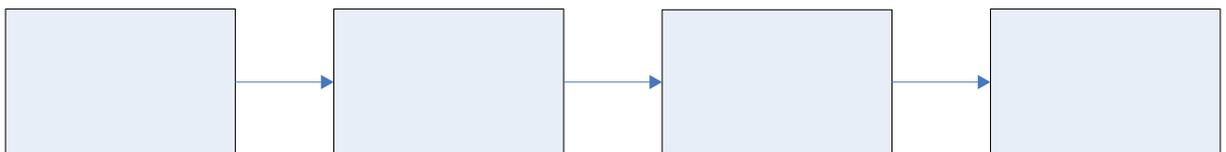


Figura 5.1 Diagrama de bloques de la solución general

5.1.1 Extracción y procesamiento de la información de los motores principales

Dado que no es posible intervenir en la operación de las máquinas dentro de las unidades, se debe implementar un dispositivo externo de lectura de las revoluciones de los motores. Es posible realizar la captura de la velocidad por medio de sensores que registren el paso de algún componente físico o material. Cuando un

objeto se interpone en su zona de acción emiten una señal, ya sea un pulso o un cambio eléctrico indicando la actividad. Hay una amplia gama de sensores dedicados a indicar el paso de objetos entre sus terminales. Los más indicados para la implementación del proyecto son:

- Sensor H22A2 [2] de Fairchild Semiconductors: es un interruptor óptico rasurado capaz de generar un pulso al interponer un objeto entre las terminales emisor y receptor de luz. El espacio entre las terminales es entre 3.0mm y 3.3mm. Se puede calibrar para rechazar la luz ambiente y es de bajo costo.
- Sensor ZH10 de Honeywell [5]: este tipo de sensor funciona con el efecto hall. Es muy utilizado para medir velocidad en motores ya que detecta la posición de los árboles de levas o el cigüeñal. Si salida es digital, tiene bajo consumo de energía y un tamaño pequeño, 11.9mm de diámetro y 24.5mm de largo.
- Sensor infrarrojo genérico: se refiere a un led infrarrojo actuando en conjunto con un receptor de infrarrojo. Es un sistema muy utilizado sobre todo en equipos de control remoto caseros y de pequeña industria como televisores, equipos de sonido, aires acondicionados, etc. Al ser infrarrojo tiene la característica que no se ve afectado por la luz natural por lo que es posible utilizarlos en ambientes con mucha luz natural o ausencia de ella. La distancia entre las dos terminales, emisor y receptor, puede determinar la caída de tensión entre las patillas del receptor cuando pasa un objeto no traslúcido entre ellas por lo que hay que acondicionar la señal de salida.

Comparando las características ofrecidas por los tres tipos de sensores se escogió el sensor infrarrojo genérico ya que no es susceptible a la luz natural y considerar el movimiento por la inercia de los motores es muy posible que la distancia de 3.3mm no sea suficiente para poner un objeto móvil que esté conectado al motor y pueda pasar entre las terminales del sensor H22A2. El costo del sensor ZH10, aunque siendo uno de los más baratos del mercado, es muy elevado respecto a la implementación con el sensor infrarrojo genérico.

En los tres casos hay que acondicionar el dato del sensor para poder utilizarlo en un microcontrolador ya sea por medio del módulo de captura o por conteo de interrupciones para realizar el cálculo de las revoluciones del motor en cada unidad. Para ello se tiene una amplia gama de microcontroladores en donde los microcontroladores de Microchip® son muy utilizados. Ambos tienen pilas de programación disponibles. Se estudiaron dos microcontroladores para realizar esta tarea:

- PIC18F4550 [13]: puede implementar ambas funciones, módulo de captura y conteo por interrupción. Tiene un consumo bajo de energía y es de gran utilidad ya que contiene el protocolo para transmisión de datos por medio de USB, lo cual facilita las pruebas con una computadora pero su implementación es de gran complejidad. Su tensión típica de alimentación es 5V.
- PIC24FJ32GA002 [9]: también puede implementar ambas funciones y tiene un consumo bajo de energía. Sus puertos pueden mapearse por lo que la implementación física es mucho más pequeña. Su tensión de alimentación típica es 3.3V. Debe utilizar dispositivos externos para la transmisión de datos.

Se escogió el PIC24FJ32GA002 ya que necesita una tensión menor para ser alimentado y tiene puertos mapeables. Físicamente su tamaño es mucho menor al PIC18F4550 y aunque hay que utilizar dispositivos externos para transmisión de datos, no se asume la complejidad del puerto USB. Se utilizará en el prototipo del nodo remoto y en el nodo base.

5.1.2 Transmisión de la información en forma inalámbrica

En el caso de la transmisión inalámbrica de datos se tuvieron dos opciones claramente definidas donde se mencionan sus diferencias:

- Transceptor MRF24J40MA [11] de Microchip®: funciona bajo el protocolo MiWi P2P el cual es una variación del estándar IEEE 802.15.4. La utilización de este protocolo es libre si se utiliza enteramente con productos Microchip®.

Tiene antena integrada, incluye la circuitería necesaria para adaptar cualquier tipo de señal o dato y está montado en una placa PCB. Su tensión de alimentación puede estar entre 2.4V y 3.6V. El consumo de corriente típica en transmisión 23mA, mientras en recepción es 19mA. Tiene un demo de su operación en la pila de programación de Microchip®.

- Transceptor CC2520 [23] de Texas Instruments: soporta la arquitectura multipunto MAC. Esta arquitectura es estándar de IEEE 802.15. No tiene antena integrada y su empaquetado es QFN. Su tensión de alimentación puede estar entre 1.8V y 3.8V. El consumo de corriente típica en transmisión 33.6mA, mientras en recepción es 18.5mA. Se programa por medio de su set de instrucciones.

El proyecto se implementó con el transceptor MRF24J40MA ya que se tiene la facilidad de trabajar con su pila de programación, que presenta un ahorro de tiempo dado que puede utilizarse su demo de operación como referencia, y además incorpora su antena a diferencia del CC2520 de Texas Instrument. También presenta un consumo en corriente de transmisión mucho menor al transceptor CC2520.

5.1.3 Muestreo y procesamiento matemático de los datos en la PC

El procesamiento matemático de los datos recibidos se realizará por el programa de usuario. Dado que la relación entre las revoluciones del motor y la cantidad de piezas producidas es proporcional, no es necesario un programa de cálculo avanzado con el cual estimar la cantidad de piezas producida. Para el proyecto se utilizó Microsoft Visual Basic dado que su entorno de programación gira alrededor de eventos.

5.1.4 Almacenamiento de muestras para la toma de decisiones

El almacenamiento de muestras se realiza por medio de una base de datos de programación sencilla como Microsoft Access [20] ya que permite almacenar los datos y accederlos de una manera muy sencilla. Las búsquedas se realizan por medio de SQL en donde su algoritmo interno realiza todo el trabajo. Es de fácil conexión con Microsoft Access.

5.2 Descripción del hardware

A continuación se presenta una descripción detallada de los diferentes módulos que conforman el sistema. Esta se basa en el Figura 1.2 Diagrama de bloques general de la solución y se profundiza modularmente en este apartado.

5.2.1 Nodo remoto

En esta sección se describe la implementación del hardware del nodo remoto. Está constituido por cuatro módulos funcionales que se muestran en la Figura 5.2.

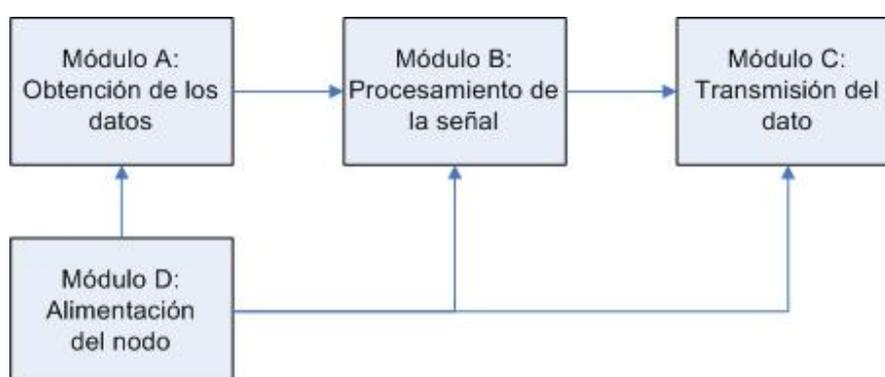


Figura 5.2 Diagrama de bloques general del nodo remoto

5.2.1.1 Módulo A. Obtención de los datos

Como se mencionó con anterioridad, no es posible intervenir en la operación de las máquinas de las unidades en la línea de producción por lo que la obtención de los datos debe ser completamente externa al funcionamiento de los motores. Para ello se asumió la instalación de una placa metálica pegada a una parte móvil del motor y que gire con el mismo. Para la lectura de las revoluciones se utilizó sensores de infrarrojo, ello consiste en la pareja led infrarrojo y fotodiodo receptor.

El led infrarrojo está polarizado por lo que permanece encendido siempre. Ello permite que el fotodiodo receptor también se mantenga polarizado y tenga una caída de tensión muy cercana a cero entre sus terminales. La configuración de retroalimentación negativa junto con la alimentación negativa del amplificador

operacional LM741 [16], hacen que se mantenga una tensión cero a la salida del circuito. En el momento en que se interpone un objeto entre el diodo infrarrojo y el fotodiodo receptor, este último entra en estado pasivo y se comporta como un circuito abierto. Se provoca el cambio en la tensión de entrada del amplificador operacional LM741 y se refleja el cambio a la salida del circuito con una tensión entre 3.8V y 4.2V por lo que el led de prueba se polariza y enciende. Al estar conectada la placa al motor y girar con el mismo, se generará un patrón similar a un tren de pulsos que es procesado por el módulo B como interrupciones en la patilla RB0 (pin 4).

Aparte de la entrada provocada por la interrupción del infrarrojo, las otras entradas a este módulo son las tensiones de alimentación positiva (V+), negativa (V-) y tierra (GND) del módulo D. La alimentación positiva (V+) de este módulo es 5V. En la Figura 5.3 se muestra el circuito del módulo A y su conexión con los módulos más cercanos.

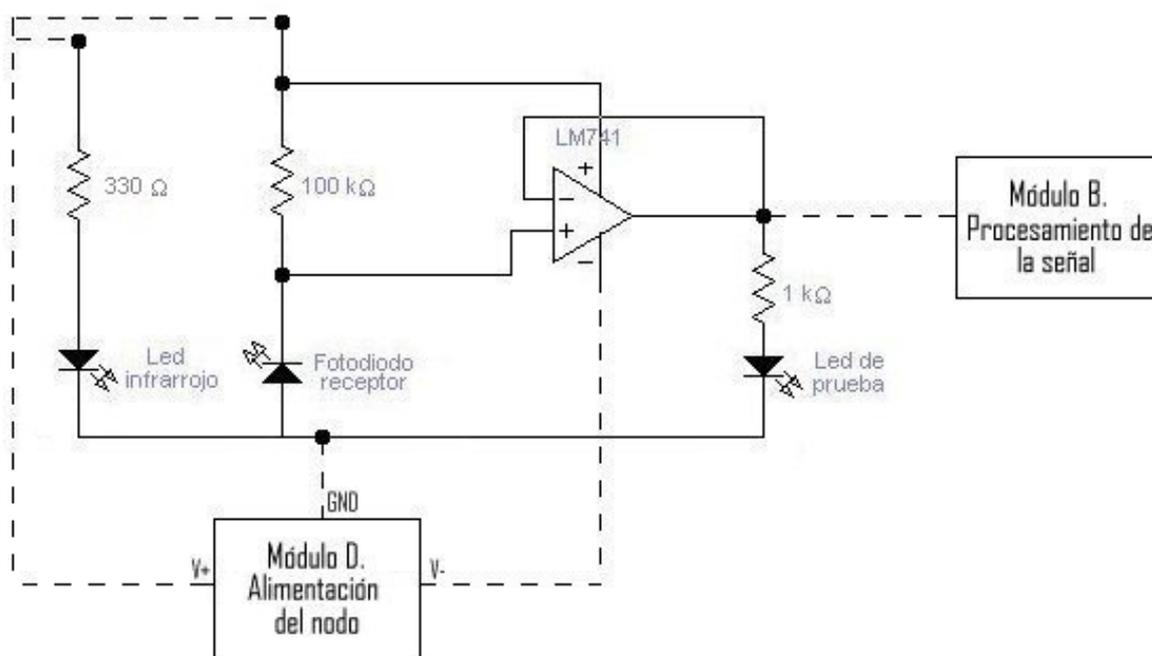


Figura 5.3 Diagrama del circuito de obtención de datos del nodo remoto

5.2.1.2 Módulo B. Procesamiento de la señal

Este módulo tiene como entradas el tren de pulsos generado por el módulo A, la terminal de datos SDI y la solicitud de interrupción bidireccional entre el transceptor y el microcontrolador. Por medio de esta interrupción se solicita envío de datos al transceptor. Estos datos son transmitidos del microcontrolador hacia el módulo C para ser enviados inalámbricamente. Este módulo también tiene como entrada la alimentación eléctrica proveniente del módulo D.

El módulo B tiene como principal hardware el microcontrolador PIC24FJ32GA004 en la configuración típica [9] y un cristal de 10MHz. Esta configuración está constituida por una resistencia de 20K Ω en la patilla !MCLR para la alimentación del integrado y un capacitor de 10 μ F en la patilla V_{CAP}/V_{DD}CORE para alimentar la lógica interna mediante un regulador dentro del integrado.

El microcontrolador tiene dos tareas muy específicas. La primera tarea es recibir el tren de pulsos generados por el módulo A por medio de la patilla RB0, pin 4 del microcontrolador. El *firmware* del microcontrolador se encarga procesar el tren de pulsos y convertirlos en un dato que va a ser enviado al módulo C para transmitirlos en forma inalámbrica al nodo base cada segundo. La otra tarea del microcontrolador es gobernar el funcionamiento del módulo C y tomar las decisiones sobre el envío de información, dado que estas tareas se realizan por medio del *firmware* se describirá su funcionamiento en la sección 5.3 Descripción del *software*.

Aparte de su configuración típica, este módulo cuenta con un led encargado de indicar la transmisión de datos al nodo base. Al encender el nodo remoto, el led parpadea cada segundo indicando el envío de la trama, como se verá en la descripción de *software* del microcontrolador. En la Figura 5.4 se muestra el circuito del módulo B y su conexión con los módulos más cercanos.

Cabe destacar que la alimentación positiva (V+) del módulo B es 3.3V, diferente al módulo A.

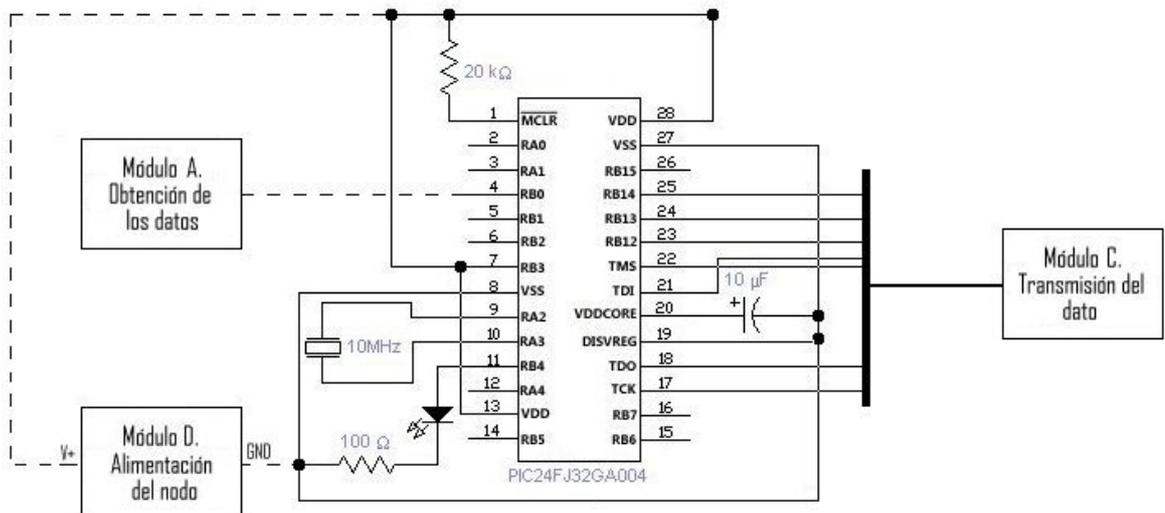


Figura 5.4 Diagrama del circuito de procesamiento de la señal del nodo remoto

5.2.1.3 Módulo C. Transmisión del dato

Dado que este módulo ya está integrado en una placa PCB junto con su circuitería de acople, tiene únicamente como entradas las conexiones que gobiernan al transceptor MRF24J40MA provenientes del módulo B y las entradas de alimentación positiva (V+) y tierra (GND). Al igual que en el módulo B, la alimentación positiva (V+) es 3.3V, diferente al módulo A. En la Figura 5.5 se muestra el circuito del módulo C y su conexión con los módulos más cercanos.

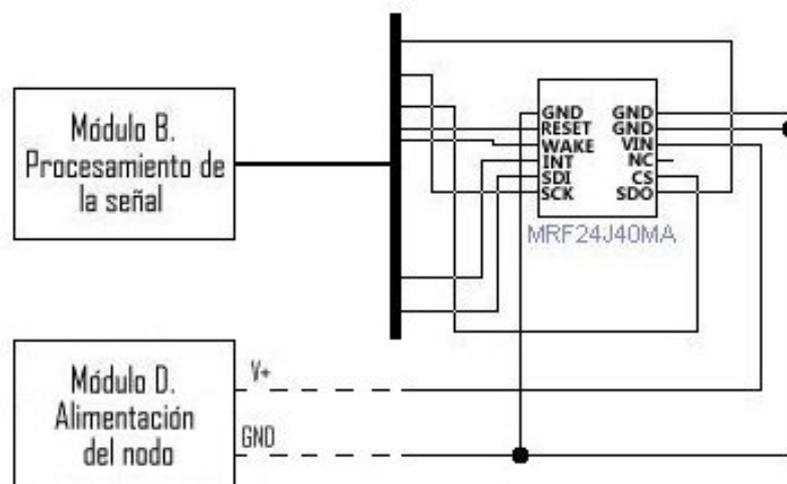


Figura 5.5 Diagrama del circuito de transmisión de dato del nodo remoto

Aunque el módulo de procesamiento y el módulo de transmisión están separados en la descripción, se relacionan en forma estrecha ya que como se mencionó en la sección anterior, el transceptor MRF24J40MA es gobernado por el microcontrolador PIC24FJ32GA004 y se comunica con él por medio del protocolo SPI e interrupciones. Todo su funcionamiento interno es programado en el microcontrolador por lo que se retoma esta interacción a nivel de *firmware* en la sección 5.3.2.1 Inicialización del hardware y stack. A continuación se presenta la Tabla 5.1 para facilitar la comprensión de las conexiones y funciones entre ambos, junto con una breve descripción. Esta tabla se base en la Figura 3.6.

Tabla 5.1 **Conexión MRF24J40MA a PIC24FJ32GA004 y su función en el nodo**

MRF24J40MA	PIC24FJ32GA004	Descripción
ICS	Pin 23	Control sobre la habilitación del módulo de transmisión de datos
SDI	Pin 17	Canal del transceptor para la recepción de datos del microcontrolador
SDO	Pin 25	Canal del transceptor para el envío de datos al microcontrolador
SCK	Pin 24	El controlador otorga señal de sincronización de reloj al transceptor
INT	Pin 18	Control de interrupción para solicitud de conexión y transmisión/recepción
WAKE	Pin 22	Control sobre el retorno de modo dormido
!RESET	Pin 21	Control del Reset por parte del microcontrolador
Vin	-	Alimentación de 3.3V para el transceptor
GND	-	Tierra común en el nodo remoto.

remoto

5.2.1.4 Módulo D. Alimentación del nodo

Aunque no forma parte de la propuesta del proyecto fue necesario realizar algunos ajustes con el fin de minimizar la cantidad de fuentes de alimentación, ya que los dispositivos requieren niveles de tensión diferentes. El modulo D muestra esos ajustes en la Figura 5.6.

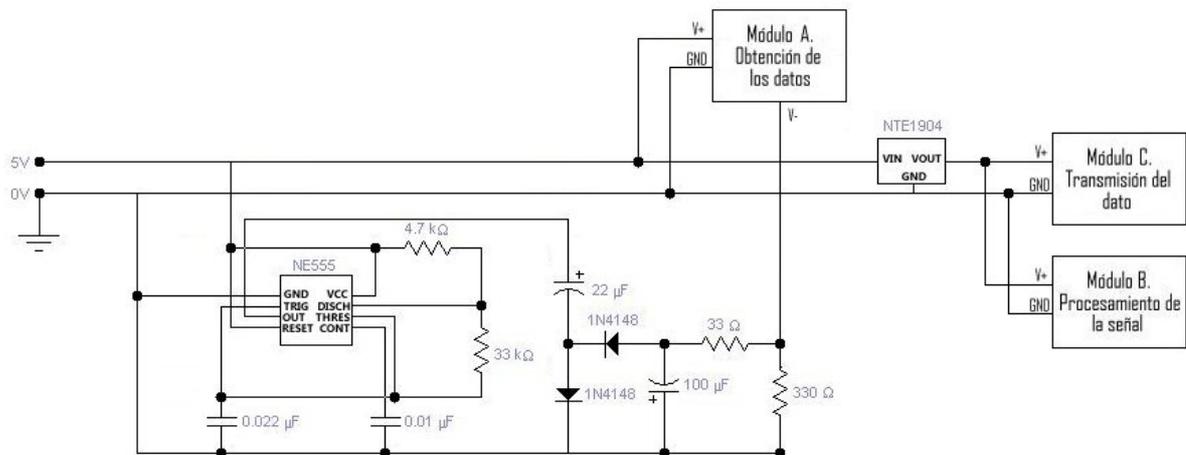


Figura 5.6 Diagrama del circuito de alimentación eléctrica del nodo remoto

En esta figura se presentan dos adaptaciones importantes, una de ellas es la inclusión del regulador de tensión NTE1904 de NTE Electronics [17]. Este regulador toma tensiones entre -0.5V y 40V para obtener una salida constante de 3.3V. Esta tensión es necesaria para alimentar los módulos de transmisión de datos y procesamiento de la señal.

La otra adaptación es la generación de una tensión negativa para alimentar el módulo A por medio de la configuración realizada con el integrado NE555 [24], producido por Texas Instruments. La configuración de los capacitores y diodos 1N4148 de NXP Semiconductors [18], de propósito general, permiten obtener una tensión negativa en el capacitor de 100 μ F. Las resistencias de 33 Ω y 300 Ω permiten regular la tensión al valor necesario para obtener una tensión cero a la salida del amplificador operacional LM741 cuando el led infrarrojo y el fotodiodo receptor están polarizados en el módulo A. El amplificador operacional requiere la tensión negativa para eliminar el offset que se presenta al no poder regular por si solo la tensión hasta 0V.

5.2.1.5 Circuito del nodo remoto

En la Figura 5.7 se presenta el circuito completo del nodo remoto.

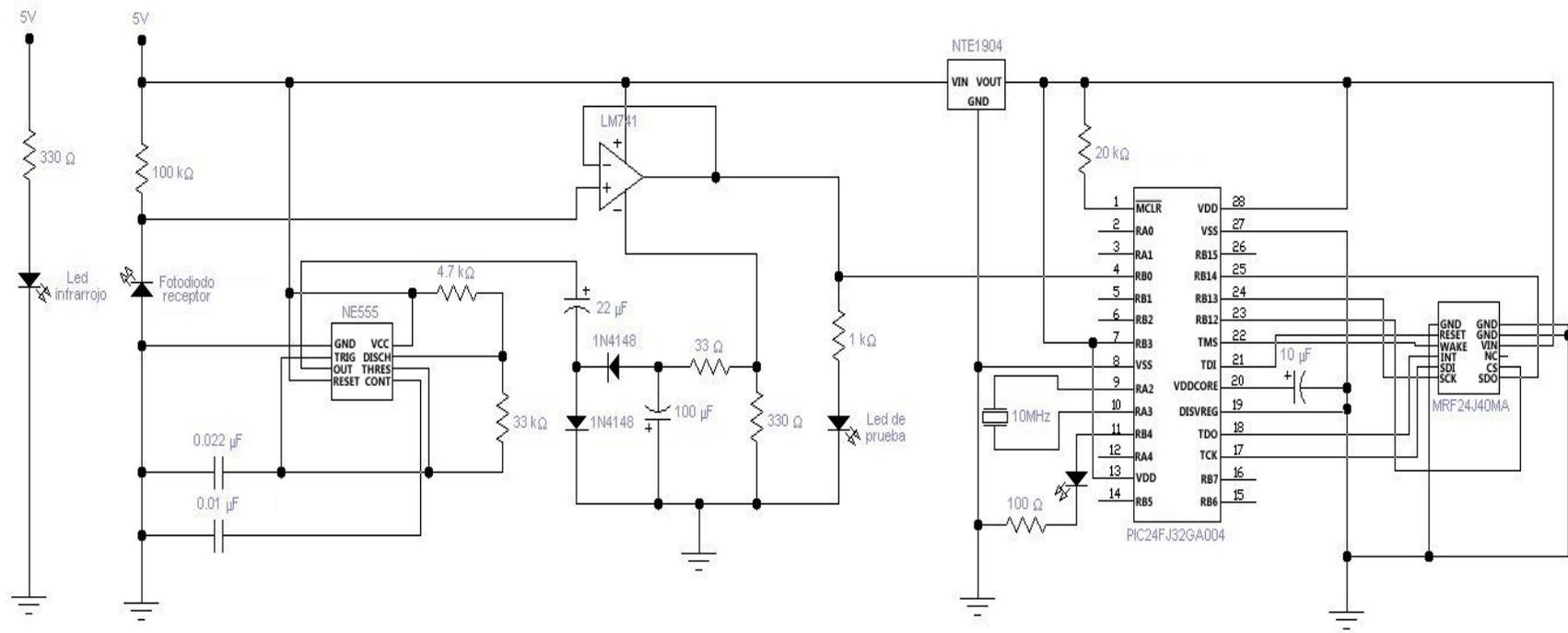


Figura 5.7 Circuito completo del nodo remoto

5.2.2 Nodo base

En esta sección se describe la implementación del hardware del nodo base. Está constituido por cuatro módulos funcionales que se muestran en la Figura 5.8.

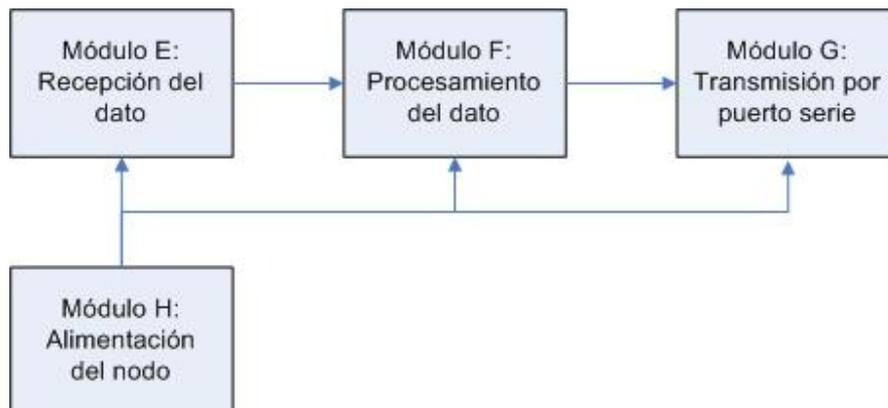


Figura 5.8 Diagrama de bloques general del nodo base

5.2.2.1 Módulo E. Recepción del dato

Este módulo tiene como componente principal el transceptor MRF24J40MA el cual se encarga de recibir el dato enviado, inalámbricamente, por el nodo remoto y está compuesto por el transceptor MRF24J40MA. Su funcionamiento es gobernado por el microcontrolador PIC24FJ32GA004, incorporado en el módulo de procesamiento de datos, y transmite la información por medio del protocolo SPI. Todo su funcionamiento interno es programado en el microcontrolador. Su alimentación proviene del módulo H con entradas de alimentación positiva (V+) a 3.3V, y tierra (GND). En la Figura 5.9 se muestra el circuito del módulo E y su conexión con los módulos más cercanos.

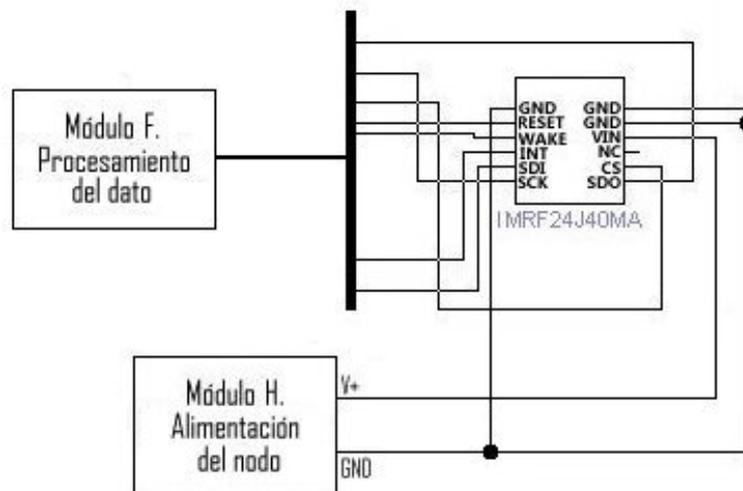


Figura 5.9 Diagrama del circuito de transmisión de dato del nodo base

Aunque el módulo de procesamiento y el módulo de transmisión están separados en la descripción, se relacionan en forma estrecha ya que como se mencionó anteriormente, el transceptor MRF24J40MA es gobernado por el microcontrolador PIC24FJ32GA004. A continuación se presenta la Tabla 5.2 para facilitar la comprensión de las conexiones y funciones entre ambos, junto con una breve descripción. Esta tabla es idéntica a la Tabla 5.1 ya que las conexiones físicas entre microcontrolador y transceptor son iguales. Esta tabla se basa en la Figura 3.6.

Tabla 5.2 Conexión MRF24J40MA a PIC24FJ32GA004 y su función en el nodo base

MRF24J40MA	PIC24FJ32GA004	Descripción
!CS	Pin 23	Control sobre la habilitación del módulo de transmisión de datos
SDI	Pin 17	Canal del transceptor para la recepción de datos del microcontrolador
SDO	Pin 25	Canal del transceptor para el envío de datos al microcontrolador
SCK	Pin 24	El controlador otorga señal de sincronización de reloj al transceptor
INT	Pin 18	Control de interrupción para solicitud de conexión y transmisión/recepción
WAKE	Pin 22	Control sobre el retorno de modo dormido
!RESET	Pin 21	Control del Reset por parte del microcontrolador
Vin	-	Alimentación de 3.4V para el transceptor
GND	-	Tierra común en el nodo remoto.

5.2.2.2 Módulo F. Procesamiento del dato

El componente principal de este módulo es el microcontrolador PIC24FJ32GA004. Tiene como entradas las terminales de datos SDI y la solicitud de interrupción bidireccional del transceptor MRF24J40MA. Por medio de esta solicita envío de datos al microcontrolador, los cuales son transmitidos por la terminal SDO del transceptor. También tiene como entrada los datos provenientes del módulo G, que se encarga de transmitir datos hacia la computadora. Es importante destacar que su alimentación proviene del módulo H y su tensión de alimentación es 3.3V

La única tarea que tiene este módulo es, como se mencionó anteriormente, recibir los datos provenientes del transceptor y enviarlos a la computadora por medio del módulo de transmisión por puerto serie. Todo el control sobre el flujo de datos se realiza por medio del *firmware* del microcontrolador y está implementado en su configuración típica con un cristal de 10MHz, idéntica a la configuración del nodo remoto. Este módulo cuenta con un led encargado de indicar que se encuentra encendido. En la Figura 5.10 se muestra el circuito del módulo B y su conexión con los módulos más cercanos.

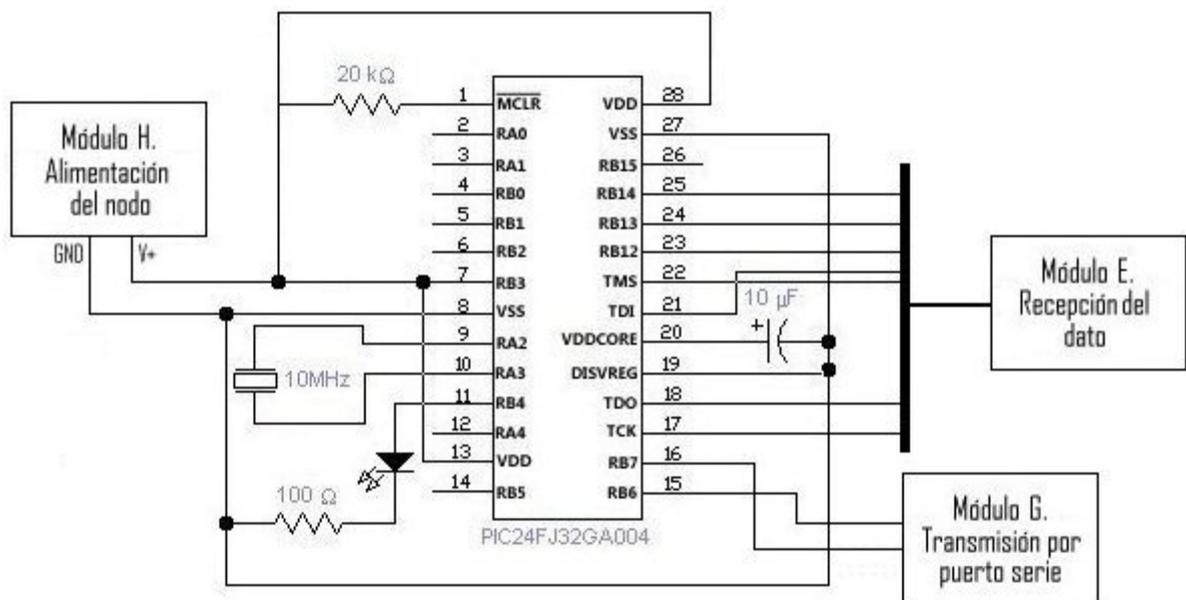


Figura 5.10 Diagrama del circuito de procesamiento de la señal del nodo base

5.2.2.3 Módulo G. Transmisión por puerto serie

Este módulo tiene como componente principal el integrado MAX232CPE de Maxim, producido por Texas Instruments [22]. Su función es la comunicación serie con la computadora mediante el protocolo RS232. Tiene como entrada dos líneas de transmisión provenientes del módulo F, con las cuales se recibe y transmite información hacia y desde la computadora. También tiene como entrada la alimentación de tensión positiva de 5V, y tierra.

El control sobre la trama recibida se realiza mediante el *software* de la computadora.

Su configuración [4] es la típica para la comunicación con la computadora mediante puerto DB9 y está conectado los pines de transmisión, recepción y tierra de la terminal serie. La Figura 5.11 presenta el circuito eléctrico de este módulo y su interconexión con los módulos más cercanos.

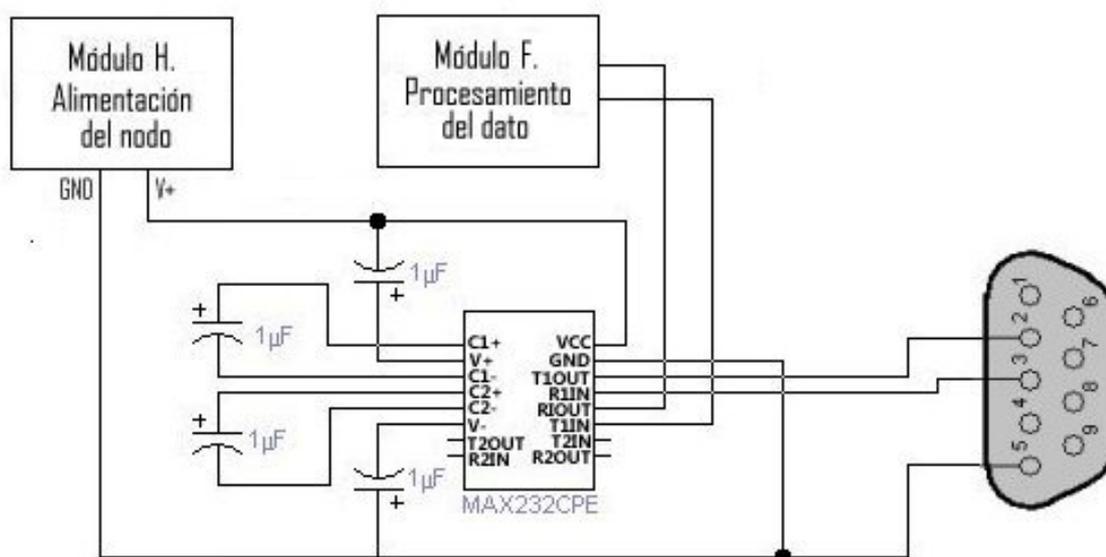


Figura 5.11 Diagrama del circuito de transmisión por puerto serie

5.2.2.4 Módulo H. Alimentación del nodo

Este módulo presenta la inclusión del regulador de tensión NTE1904 de NTE Electronics. Este regulador toma tensiones entre -0.5V y 40V para obtener una salida constante de 3.3V. Esta tensión es necesaria para alimentar los módulos de recepción de datos y procesamiento del dato, módulos E y F respectivamente. La alimentación para la transmisión de puerto serie se realiza con 5V. La implementación del módulo de generación y regulación no forma parte de este proyecto. La Figura 5.12 presenta el circuito eléctrico de este módulo y su interconexión con los módulos más cercanos.

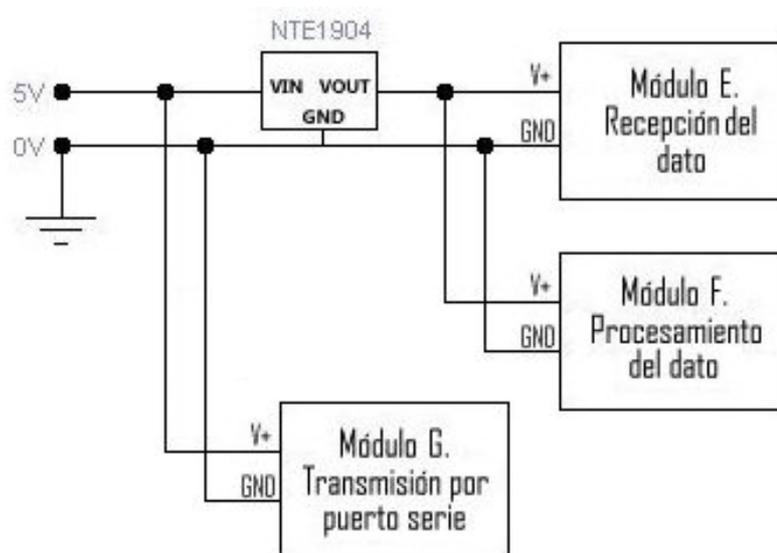


Figura 5.12 Diagrama del circuito de alimentación eléctrica del nodo base

5.2.2.5 Circuito del nodo base

En la Figura 5.13 se presenta el circuito completo del nodo remoto.

5.3.1 Descripción general del firmware de los nodos

Para comprender en forma clara el funcionamiento y las partes del *firmware* que integran la operación del protocolo MiWi P2P en los nodos hay que retomar el diagrama de flujo sobre la operación general del mismo.

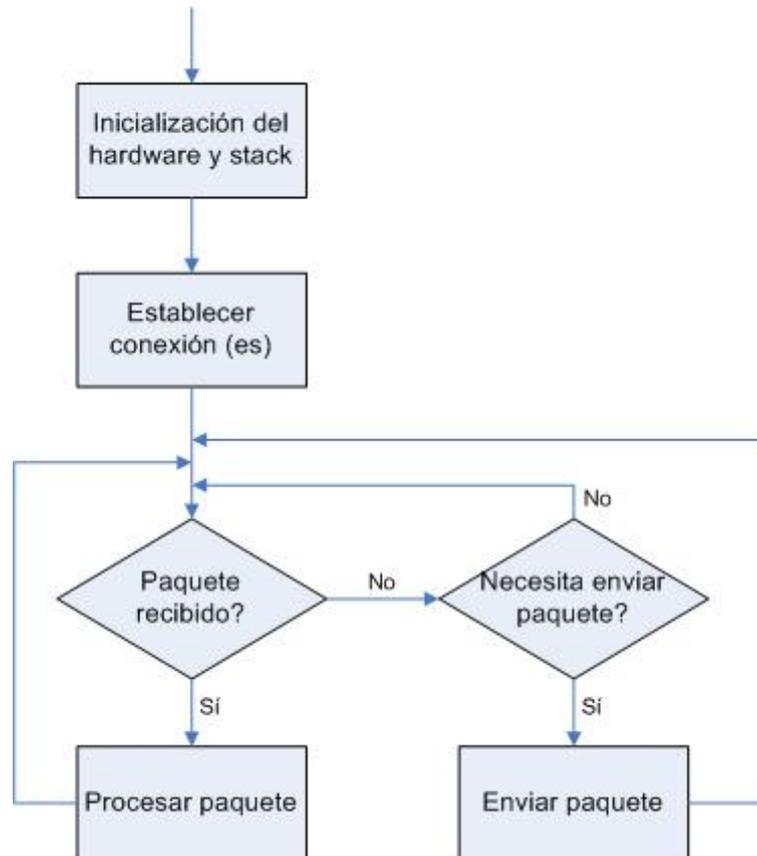


Figura 5.14 Operación normal del protocolo MiWi P2P [10]

El diagrama de la Figura 5.14 se aplica a todos los nodos con pequeñas variantes que determinan su función, sea nodo remoto o nodo base. Estas diferencias se irán notando conforme se vaya aplicando el diagrama de flujo anterior a la descripción del *firmware* de cada nodo. Es importante mencionar que para ambos tipos de nodo, remoto y base, hay dos archivos fuente que determinan el funcionamiento de los dos primeros bloques del diagrama de flujo de la operación normal del protocolo MiWi P2P. Estos se llaman `HardwareProfile.c` y

SimpleExampleNode#.c (# representa 1 si es nodo base y 2 si es nodo remoto). Son otorgados por Microchip® en la pila de programación y guían al programador para el desarrollo del *firmware* de la operación del protocolo. Ambos se desarrollarán en la explicación de la implementación del *firmware* de cada nodo.

Para ambos tipos de nodo se implementa la programación en MPLAB v8.50 de Microchip® y la escritura del *firmware* en los microcontroladores por medio del programador de Microchip® PICKIT™2, tal como se recomienda en la guía de usuario del programador [8].

5.3.2 Firmware de nodo remoto

A continuación se describen los bloques de la Figura 5.14 aplicados al nodo remoto.

5.3.2.1 Inicialización del hardware y stack en el nodo remoto

Previo a establecer la conexión es fundamental configurar el hardware requerido e inicializarlo. Para configurar el hardware se dispone del procedimiento BoardInit() ubicado en el archivo HardwareProfile.c de la pila de programación. Tiene la función de asignar las patillas de los puertos del microcontrolador que se utilizan para comunicarse con el transceptor. Una facilidad que presenta trabajar con microcontroladores PIC24 es el mapeo de puertos con lo cual se puede asignar las patillas para los diferentes puertos en el microcontrolador. Los puertos mapeados se designan como RP#, donde # representa el número de puerto. En este caso se mapea la entrada de datos y el puerto de interrupciones del transceptor.

La asignación utilizada para las patillas del nodo remoto se presenta en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3 Configuración en el *firmware* de la asignación de puertos en el microcontrolador del nodo remoto

Función		Asignación
Dato de entrada (mapeado)		Puerto RP0 (pin 4)
Indicador de conexión		Puerto RB4 (pin 11)
SPI	SDI	Puerto RB8 (pin 17)
	SDO	Puerto RB14 (pin 25)
	SCK	Puerto RB13 (pin 24)
Interrupciones del transceptor (mapeado)		Puerto RP9 (pin 18)
Habilitación del transceptor		Puerto RB12 (pin 23)
Control del modo dormido del transceptor		Puerto RB11 (pin 22)

La pila de programación se encarga de manejar la inicialización del protocolo de transmisión por lo que no se modificó la asignación de parámetros dada por la instrucción `MiApp_ProtocolInit` y el canal para la comunicación en el procedimiento `MiApp_SetChannel(myChannel)`. Ello simplificó mucho la implementación de la comunicación inalámbrica.

Luego de tener configurada la inicialización del hardware y el protocolo de transmisión es necesario diseñar la trama para el envío de información.

5.3.2.2 Diseño de la trama de transmisión del nodo remoto

Se diseñó una trama general donde se define el orden de los datos a transmitirse. Esta trama se presenta en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4 Trama general transmitida del nodo remoto al nodo base

3	2	1	5	3	bytes
STR	IDnodo	Código de Operación	NivelFrecuencia	END	

Las secciones de la trama son:

- STR y END: los primeros tres y últimos tres bytes de la trama. Son recomendados por el protocolo para asegurarse la lectura correcta de la trama de principio a fin. Son generalmente llamadas balizas.
- IDnodo: son los dos bytes que permiten la identificación del nodo del cual se está recibiendo la trama. Aunque en este proyecto se trabaje con tres nodos remotos es posible implementar hasta 99 nodos remotos con estos dos bytes.
- Código de operación: informa al nodo base que la trama que se está enviando es de datos. Para definir esta función el protocolo recomienda usar un carácter ASCII, por lo que se utilizó el carácter 'D', en este caso con NivelFrecuencia dentro de la trama de datos. Se implementa de esta manera para prever el envío de tramas con otro tipo de información o notificar sobre algún tipo de comportamiento en el nodo que se requiera implementar.
- NivelFrecuencia: es el dato que se quiere enviar para ser procesado en la computadora. Es la cantidad de revoluciones del motor de las máquinas registrado cada segundo.

5.3.2.3 Funcionamiento general del nodo remoto

Al encenderse el nodo remoto se realiza la inicialización del hardware y stack por medio de la designación de las patillas de los puertos utilizados mediante el procedimiento BoardInit() y el stack por medio de la inicialización del protocolo y la asignación del canal de comunicación. Inmediatamente después se limpia el *buffer* RX del transceptor y se inicializa dos contadores con funciones diferentes, contador_general y ms_counter.

La función de contador_general es registrar el conteo de las revoluciones que se realiza por medio de la interrupción 2 del microcontrolador, este se incrementa cada vez que se realiza una revolución, es decir una interrupción. Cada vez que esto sucede se incrementa contador_general en una unidad y se baja la bandera de interrupción. Luego de ello, se almacena el valor del mismo en la variable NivelFrecuencia y se queda a la espera de otra interrupción. La función de ms_counter es habilitar la construcción de la trama y solicitar por medio de interrupción en el puerto RP9 del microcontrolador, al transceptor el envío de la trama hacia el nodo base cada segundo. Luego coloca contador_general nuevamente en cero.

Ello se ejemplifica en la Tabla 5.5 asumiendo que se utilizó el Nodo Remoto 1 y que contador_general registró 121 interrupciones que se almacenaron en NivelFrecuencia. La trama sería STR01D00121END.

Tabla 5.5 Trama para envío de información del nodo remoto 1

Trama	Función
STR	Marca el inicio de la trama
01	Es la identificación del nodo remoto 1
D	Es el código de operación, para este proyecto indica que corresponde a una trama de datos.
00121	Es el dato que se quiere enviar pero en este caso como la trama es de solicitud de conexión, estos bytes se llenan con el caracteres X.
END	Marca el fin de la trama

Luego se envía inalámbricamente al nodo base y posteriormente se limpia el *buffer* de transmisión del transceptor. Al finalizar este proceso se reinician ambos contadores y vuelve a comenzar el ciclo. En la Figura 5.15 se muestra el diagrama general del funcionamiento del nodo remoto tal como se comentó.

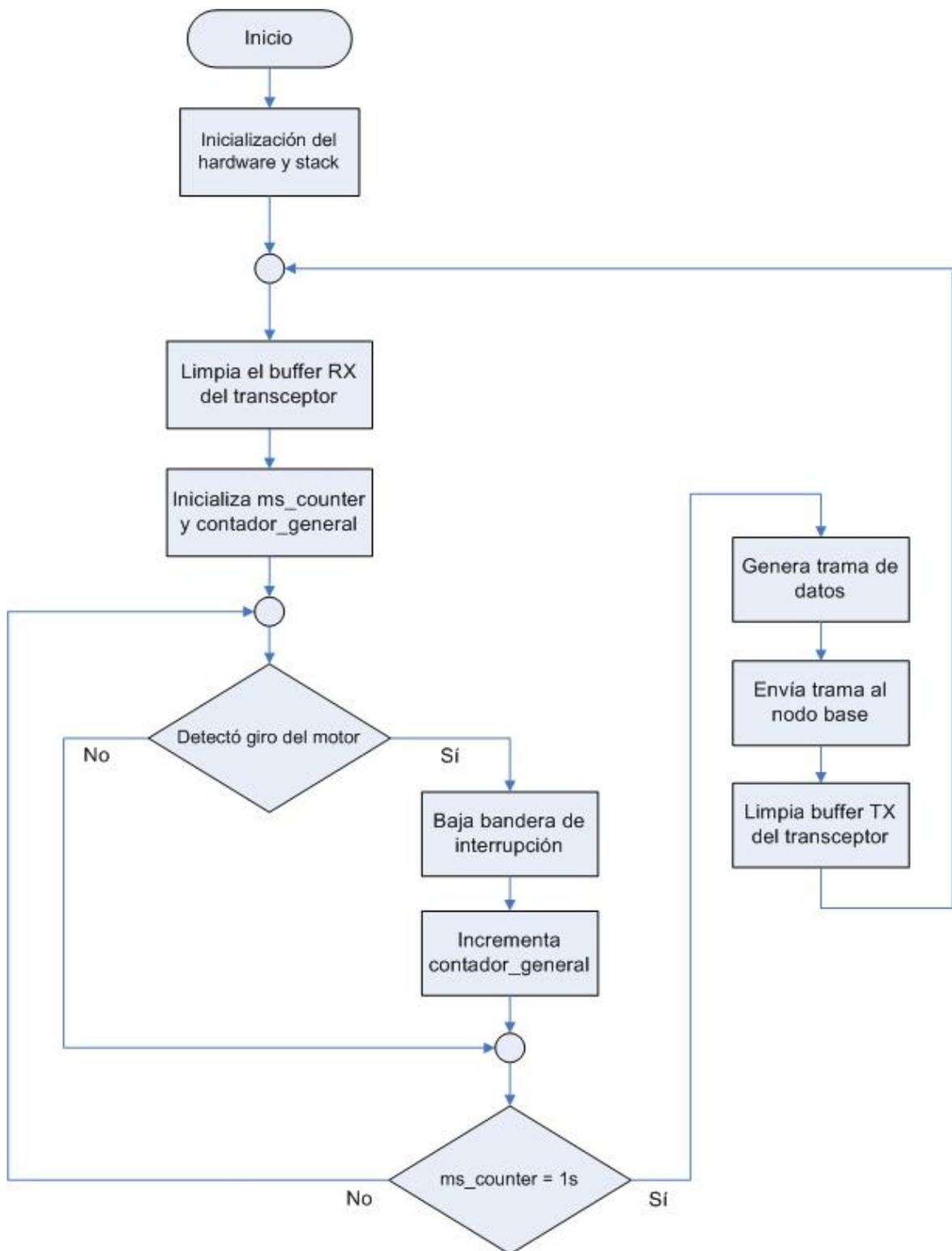


Figura 5.15 Diagrama de flujo general del funcionamiento del nodo remoto

5.3.3 Firmware del nodo base

A continuación se describen los bloques de la Figura 5.14 Operación normal del protocolo MiWi P2P aplicados al nodo base.

5.3.3.1 Inicialización del hardware y stack en el nodo base

Al igual que en el nodo remoto, para configurar el hardware se dispone del procedimiento BoardInit() ubicado en el archivo HardwareProfile.c de la pila de programación. La mayoría de las asignaciones de las patillas del nodo base son iguales a las del nodo remoto pero incluye el mapeo con la conexión del integrado MAX232CPE para la comunicación serie con la computadora. La Tabla 5.6 presenta la asignación de patillas.

Tabla 5.6 Configuración en el *firmware* de la asignación de puertos en el microcontrolador del nodo base

Función		Asignación
Dato de entrada (mapeado)		Puerto RP0 (pin 4)
Indicador de conexión		Puerto RB4 (pin 11)
SPI	SDI	Puerto RB8 (pin 17)
	SDO	Puerto RB14 (pin 25)
	SCK	Puerto RB13 (pin 24)
Interrupciones del transceptor (mapeado)		Puerto RP9 (pin 18)
Habilitación del transceptor		Puerto RB12 (pin 23)
Control del modo dormido del transceptor		Puerto RB11 (pin 22)
Transmisión de datos por UART (mapeado)		Puerto RP7 (pin 16)
Recepción de datos por UART (mapeado)		Puerto RP6 (pin 15)

También en este caso, la pila de programación se encarga de manejar la inicialización del protocolo de transmisión por lo que no se modificó la asignación de

parámetros dada por la instrucción `MiApp_ProtocolInit` y el canal para la comunicación en el procedimiento `MiApp_SetChannel(myChannel)`.

Luego de tener configurada la inicialización del hardware y el protocolo de transmisión es necesario diseñar la trama para verificar el contenido de la misma.

5.3.3.2 Diseño de las tramas de transmisión del nodo base

Previo a establecer como funciona el nodo base, se diseña una trama general que determina el tipo de información que recibe el nodo base proveniente de alguno de los nodos remotos. La trama no es enviada a los nodos remotos, sirve únicamente para validar la trama recibida de los nodos remotos. Esta trama se presenta en la Tabla 5.7.

Tabla 5.7 Trama general transmitida del nodo base al nodo remoto

3	2	1	3	bytes
STR	IDnodo	Código de Operación	END	

Las secciones de la trama son:

- STR y END: los primeros tres y últimos tres bytes de la trama. Son recomendados por el protocolo para asegurarse la lectura correcta de la trama de principio a fin. Son generalmente llamadas balizas.
- IDnodo: son los dos bytes que permiten la identificación del nodo del cual se está recibiendo la trama.
- Código de operación: para este proyecto permite interpretar y verificar que la trama recibida es de datos. Se recomienda usar un carácter ASCII, por lo que se utilizó el carácter 'D', para determinar el contenido de la trama. Se implementa de esta manera para prever la solicitud de diferentes tipos de trama según el código de operación, ello en el caso que el nodo base solicite diferentes tipos de trama o necesite enviar notificaciones y solicitudes a los nodos remotos para que se comporten

de determinada manera. Por ejemplo entrar en modo dormido, apagarlos o enviar información sobre su nivel de batería en caso que tengan una fuente de alimentación finita o que requiera recargarse.

5.3.3.3 Funcionamiento general del nodo base

Al encenderse el nodo base se realiza la inicialización del hardware y stack por medio de la designación de las patillas de los puertos utilizados mediante el procedimiento BoardInit() y el stack por medio de la inicialización del protocolo y la asignación del canal de comunicación, justo de la misma forma que la inicialización del nodo remoto.

La primera vez que enciende, luego de realizar la inicialización, revisa el *buffer* de recepción del transceptor para verificar si existen nodos remotos enviando información. Si detecta la entrada de alguna trama, verifica que la trama sea de datos comparando el código de operación de la trama recibida. Luego envía la trama al *buffer* de recepción del UART para ser transmitida a la computadora por medio del protocolo RS232. En caso que varios nodos remotos envíen tramas, estas son almacenadas en el *buffer* de transmisión del UART como una sola cadena y es leída por la computadora. Una vez que se lee la cadena, se limpia el *buffer* de transmisión del UART para volver a poner datos en el *buffer* un segundo después.

Para ejemplificar, la trama de comparación para el nodo remoto 1 sería STR01DEND y es descrita por la Tabla 5.8.

Tabla 5.8 Trama de solicitud de datos al nodo remoto 1

Trama	Función
STR	Marca el inicio de la trama
01	Es la identificación del nodo remoto
D	Es el código de operación, en este caso solicitud de datos
END	Marca el fin de la trama

Por último limpia el *buffer* de recepción del transceptor para no leer información errónea en algún momento y se queda a la espera de la recepción de la siguiente trama de datos. En la Figura 5.16 se muestra el diagrama general del funcionamiento del nodo base tal como se comentó.

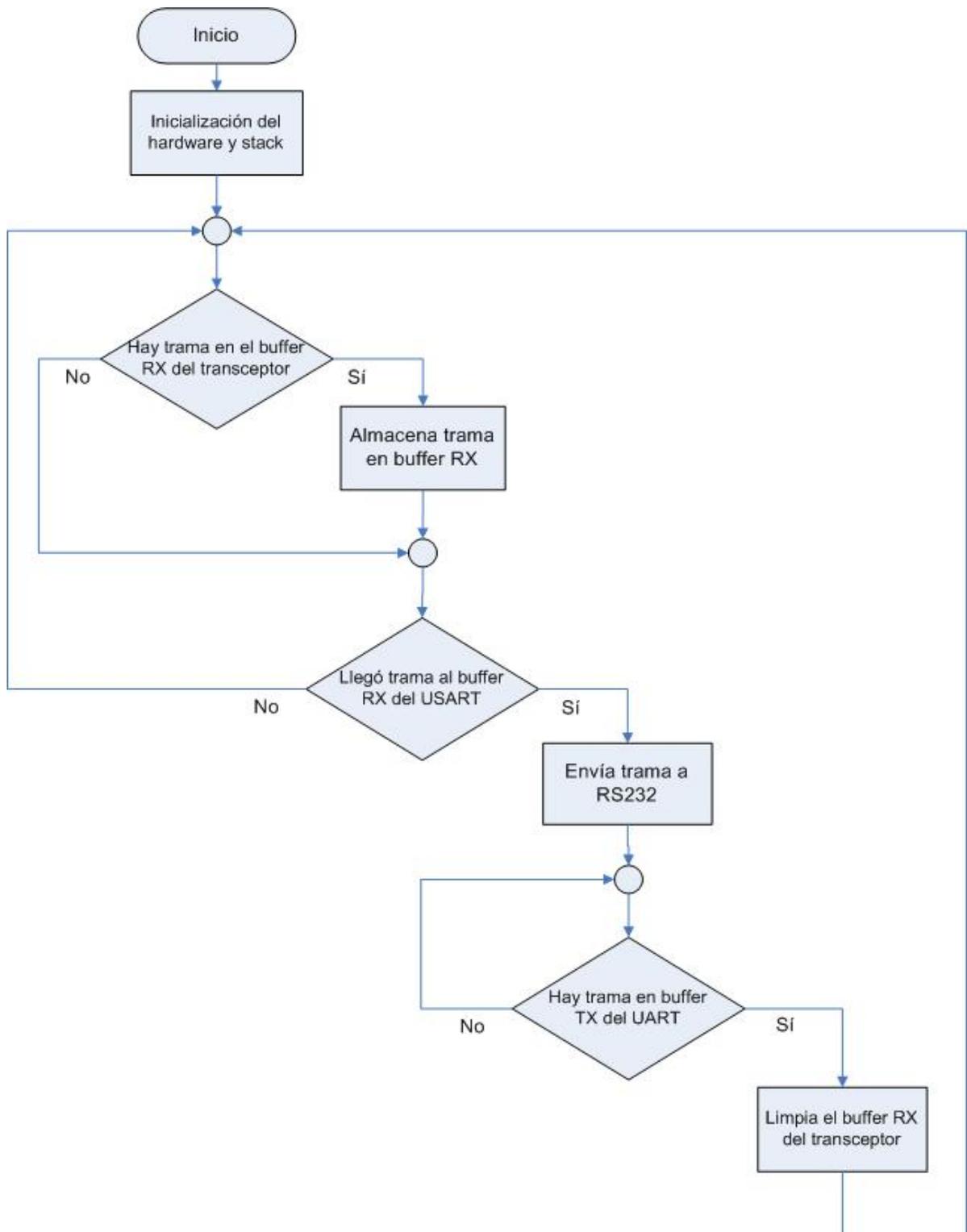


Figura 5.16 Diagrama de flujo general del funcionamiento del nodo base

5.3.4 Descripción del software en la computadora

El *software* de la computadora fue desarrollada en el lenguaje de programación Microsoft Visual Basic ya que brinda las herramientas necesarias para una fácil implementación visual y genera programas que pueden ejecutarse en la plataforma Windows, bajo cualquiera de sus versiones. También cuenta con herramientas para la conexión con bases de datos, que para este proyecto fue implementada en Microsoft Access.

Dado que Microsoft Visual Basic es un lenguaje de programación principalmente orientado a eventos, sus aplicaciones dependen de decisiones de los usuarios, por lo que se programa modularmente por medio de controles. Estos controles son colocados en cada una de las ventanas de los programas según sea la aplicación para la cual se ha diseñado.

En esta sección se explica y se muestran diagramas de flujo sobre las principales ventanas de la aplicación desarrollada.

5.3.4.1 Pantalla principal

En la Figura 5.17 se muestra la pantalla principal del programa implementado. Esta pantalla tiene tres pestañas correspondientes a los tres nodos remotos implementados en el sistema. Cada pestaña contiene los mismos tipos de información, a saber:

- Asignación de la estación
- Record de la estación
- Fotografía del operario en la estación
- Producción actual

Esta pantalla también tiene un menú principal con el cual el usuario puede principalmente ingresar a los registros de los operarios, estaciones e información general del *software*. La Figura 5.17 muestra la pantalla principal del programa.

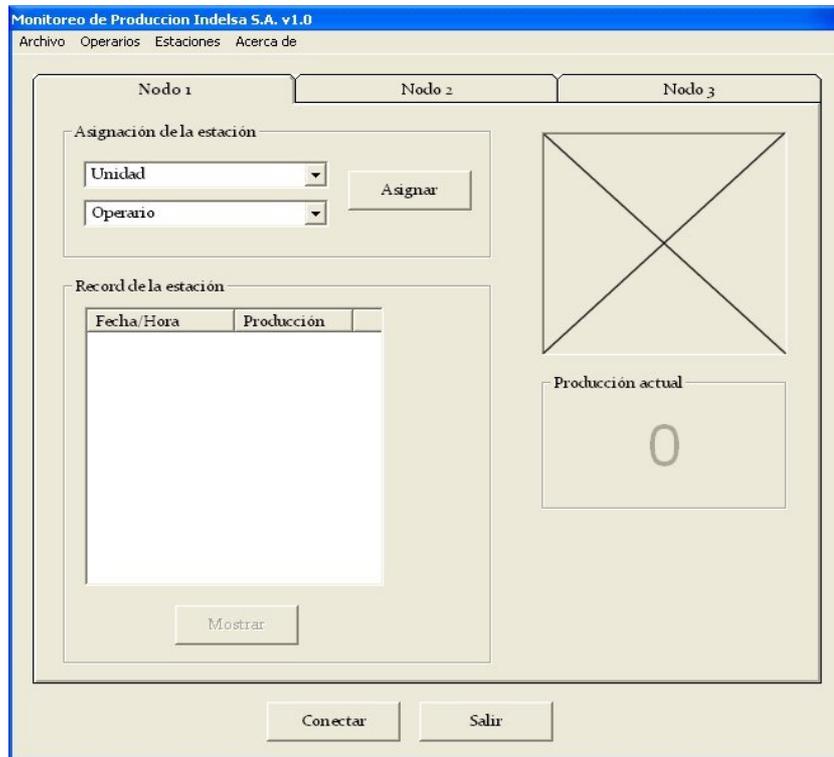


Figura 5.17 Pantalla principal del programa

Los controles más importantes en esta pantalla son el botón asignar y el botón mostrar ya que las acciones a tomar giran alrededor de ellos. A continuación describe el funcionamiento a partir del comportamiento de estos dos botones.

Botón Asignar

La función de este botón es asignar una unidad o estación en la línea de producción a un operario. Al realizarse la asignación se verifica su validez, se muestra en pantalla la fotografía del operario, se activa el botón Mostrar y se activa la visualización de la producción actual. En ese momento se inicializan dos temporizadores, uno de ellos permite el almacenamiento cada veinte minutos de las condiciones actuales de producción en la estación en la cual se encuentre el nodo remoto correspondiente, a saber, la asignación de la unidad, del operario y la producción actual. El otro temporizador permite actualizar en pantalla el dato de la

producción actual segundo a segundo y el valor mostrado es el que se almacena cada veinte minutos.

El valor mostrado de la producción actual es un reflejo del dato recibido en la trama ya que la cantidad de revoluciones de las máquinas son proporcionales a la cantidad de piezas elaboradas por las mismas. El dato de las revoluciones es multiplicado por un factor de producción, previamente conocido por el departamento de producción de la empresa, que permiten saber la producción actual en todo momento según el factor multiplicativo de cada máquina.

Cada trama recibida de cada uno de los nodos remotos está formado por 14 caracteres que serían 6 caracteres en las balizas: STR y END, 2 caracteres de la identificación del nodo remoto, 1 caracter de código de operación 'D' y 5 caracteres de datos. Esto hace que la trama leída del UART del nodo base sea una cadena variable que puede contener la información de entre cero a tres nodos, es decir, 0, 14, 28 o 42 caracteres según la cantidad de nodos transmitiendo tramas. Para poder extraer el dato de la velocidad de las máquinas el programa determina el largo de la cadena leída del *buffer* y a partir de ahí la divide en subcadenas con igual número de caracteres, dado que las tramas enviadas por cada uno de los nodos remotos tiene el mismo tamaño pero con diferente identificación de nodo y datos de velocidad.

Cuando el largo de la cadena es cero, se interpreta que todos los nodos remotos están apagados por lo que se cierra el puerto serie y se desactivan los temporizadores. En este caso no es posible asignar nodos remotos a las unidades y por lo tanto no se almacenan muestras cada veinte minutos. Cuando el largo de la cadena es 14, se interpreta que solamente un nodo remoto está encendido por lo que el programa identifica cual de los nodos está transmitiendo por medio de la identificación del nodo incluida en la trama enviada. Luego se extrae el dato de la velocidad de la máquina y se multiplica por el factor de producción de la unidad asignada y se muestra el resultado en la sección producción actual. Lo mismo sucede cuando la cadena es de 28 y 42 caracteres, con la diferencia que se divide la cadena en dos y tres subcadenas respectivamente. El algoritmo de este procedimiento se muestra en la Figura 5.18.

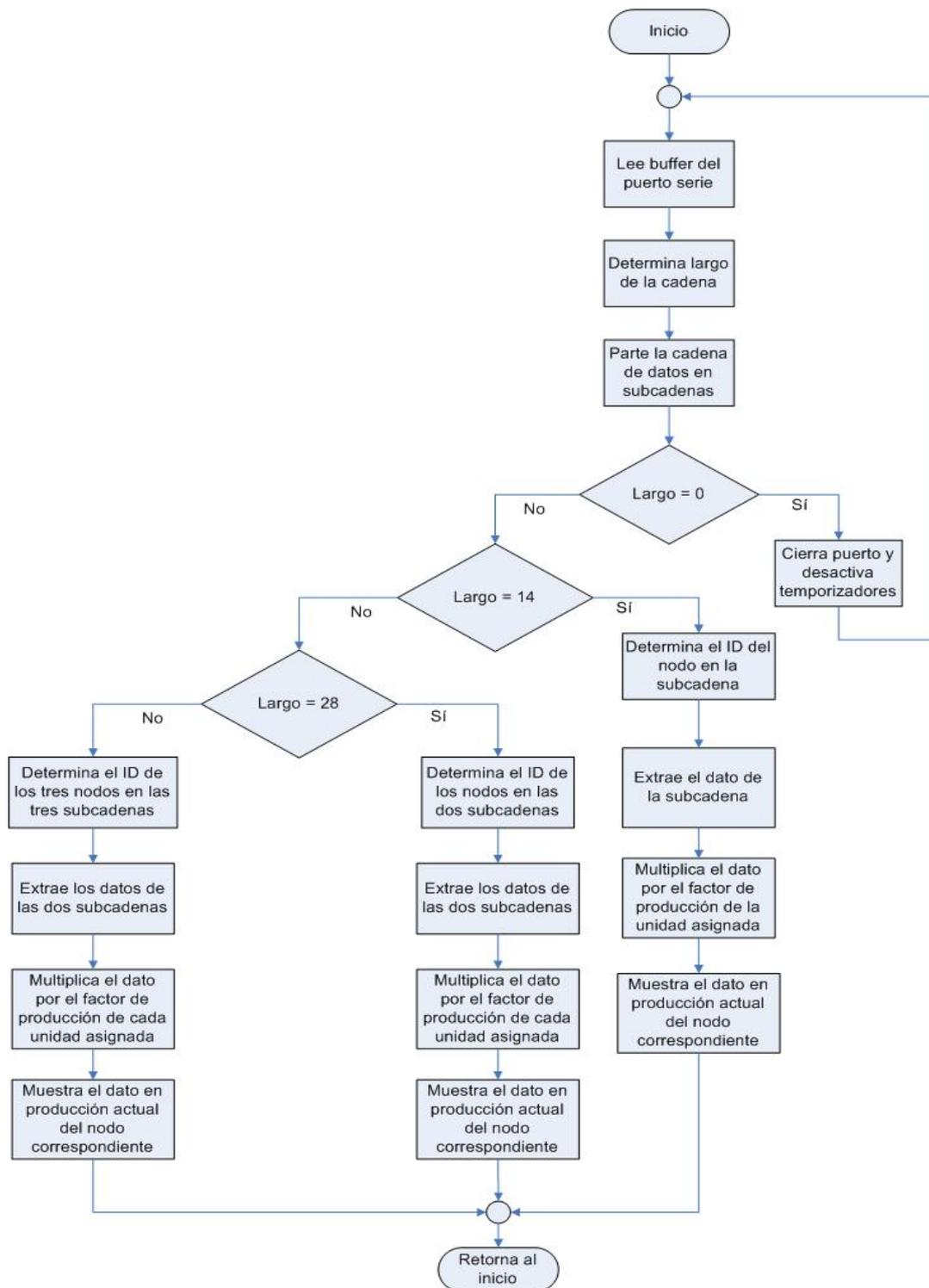


Figura 5.18 Algoritmo de extracción de la identificación del nodo asignado a la unidad y el dato de velocidad

La Figura 5.19 y Figura 5.20 muestran el funcionamiento general se la asignación de unidades y operarios desde el punto de vista del botón Asignar. Los datos y las asignaciones quedan almacenados en la base de datos según se describe en la sección 5.3.4.6 Conexión con la base de datos Access.

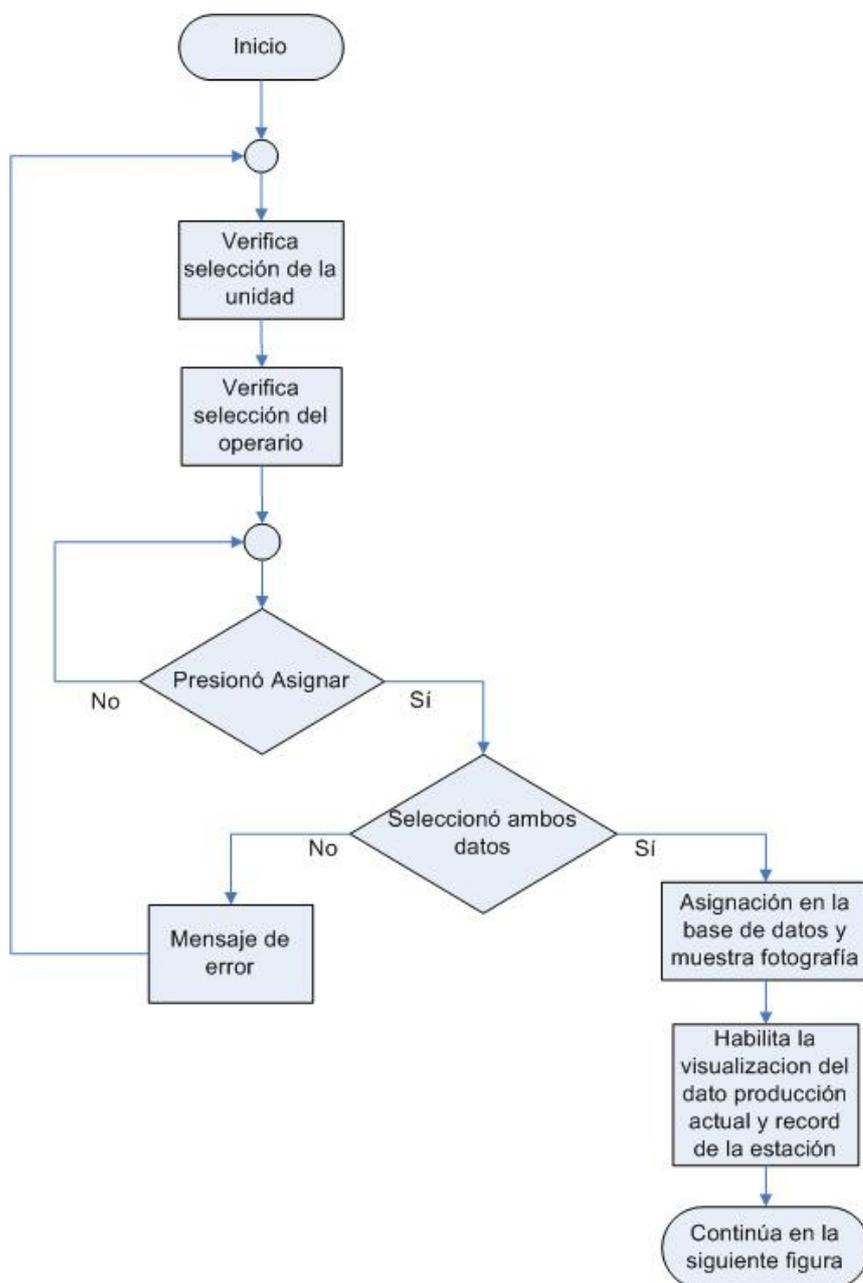


Figura 5.19 Diagrama de flujo general del funcionamiento de sistema al asignar unidad y operario en el nodo correspondiente

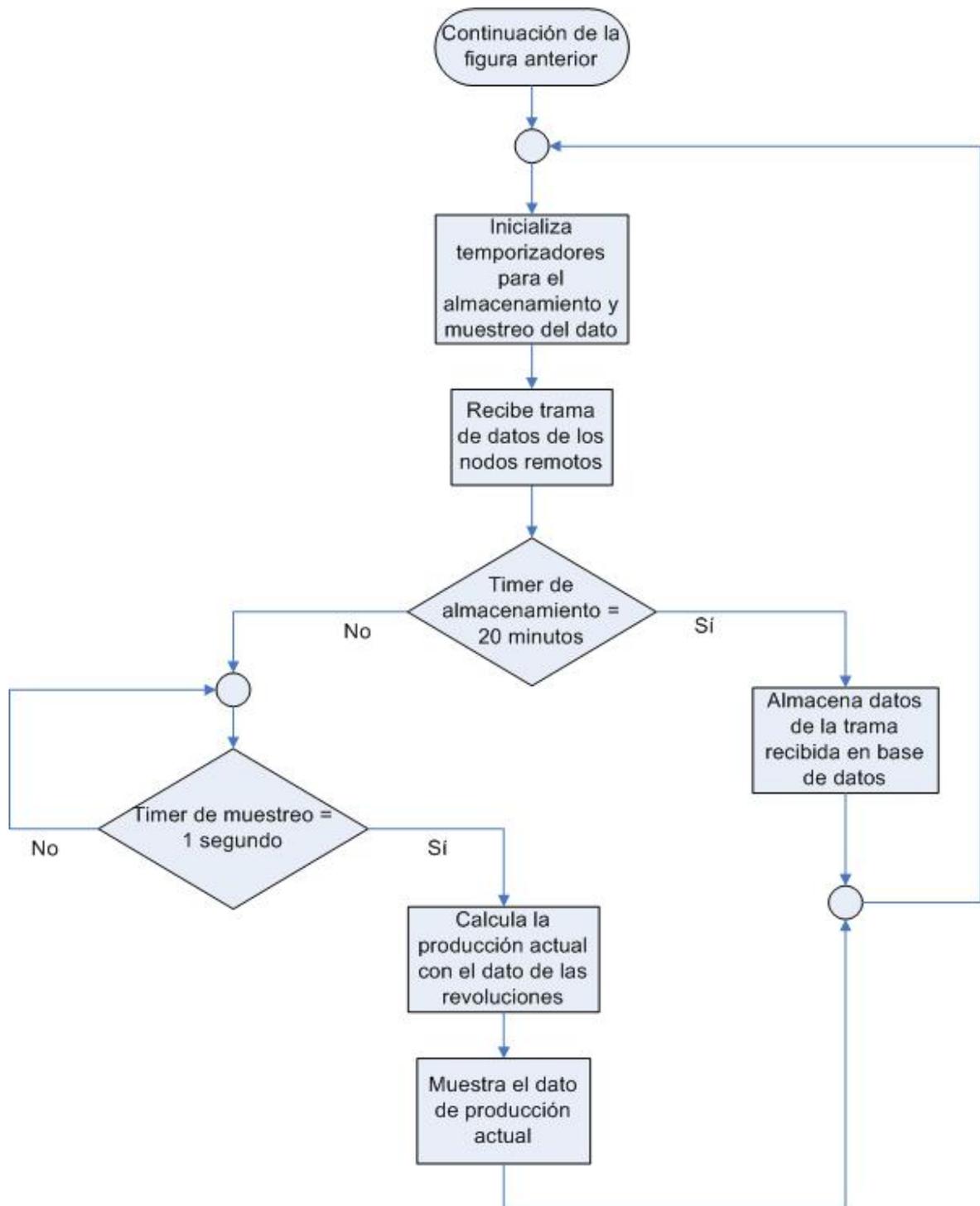


Figura 5.20 Diagrama de flujo general del funcionamiento de sistema al asignar unidad y operario en el nodo correspondiente (continuación)
 Botón Mostrar

Este botón se activa al realizar la asignación de unidad y operario. En el se muestra los datos almacenados en la base de datos que almacena la producción actual cada 20 minutos. La base de datos se encarga de realizar la búsqueda de esta información relacionando el operario, la unidad o estación en la que se encuentra laborando y la fecha actual.

5.3.4.2 Nuevo operario

El ingreso de nuevos operarios en el sistema se realiza por medio del menú de la pantalla principal. Se despliega una ventana con los datos requeridos para inscribir al nuevo operario en el sistema, estos datos son el nombre del nuevo operario y su fotografía. Esta pantalla se muestra en la Figura 5.21.



Figura 5.21 Pantalla para el ingreso de nuevos operarios

Para poder obtener la fotografía del nuevo operario, el programa detecta si la cámara está conectada y encendida. Al presionar Activar cámara esta toma una imagen y queda congelada en pantalla. Si la fotografía no quedó bien, el operario del programa puede presionar el botón refrescar y volver a tomar la fotografía. La Figura 5.22 muestra el diagrama de flujo de esta función.

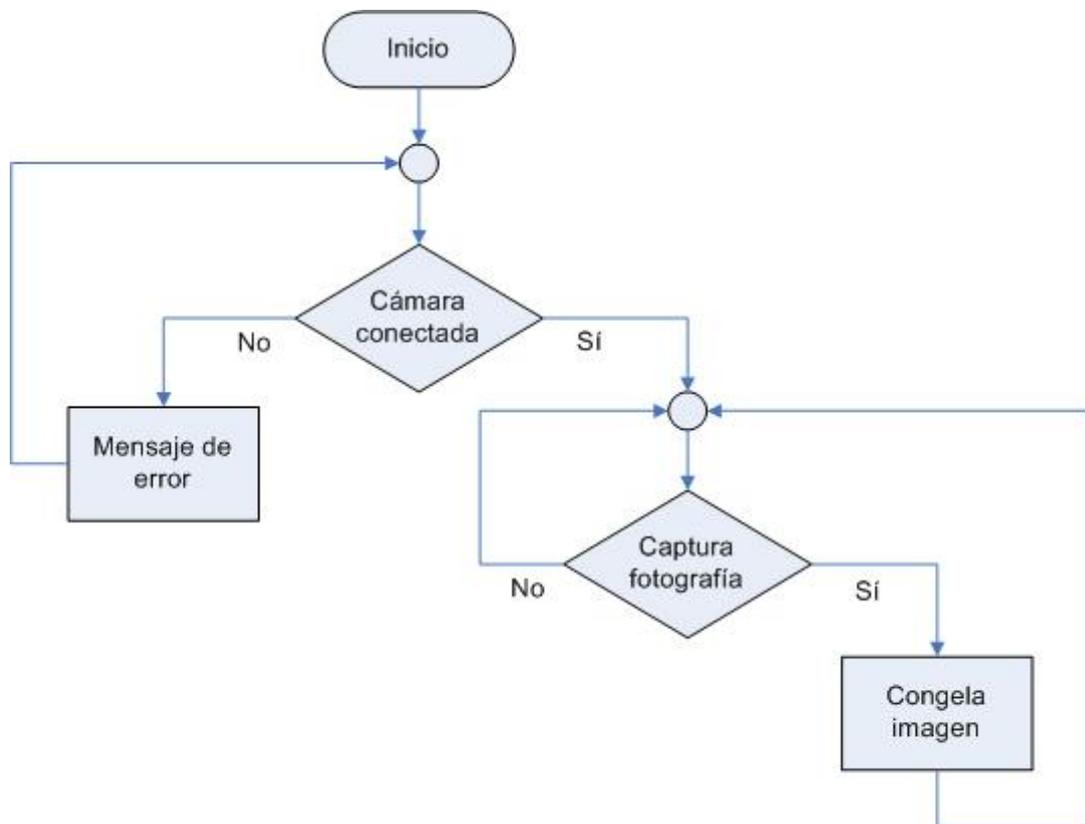


Figura 5.22 Diagrama de flujo de la captura de la fotografía del operario

A nivel general, para inscribir los nuevos operarios el sistema verifica la validez del nombre del nuevo operario y almacena esta información en la base de datos junto con la fotografía. Si no se completan ambos requisitos, el nuevo operario no podrá ser inscrito en el sistema. La Figura 5.23 muestra el diagrama de flujo de esta función.

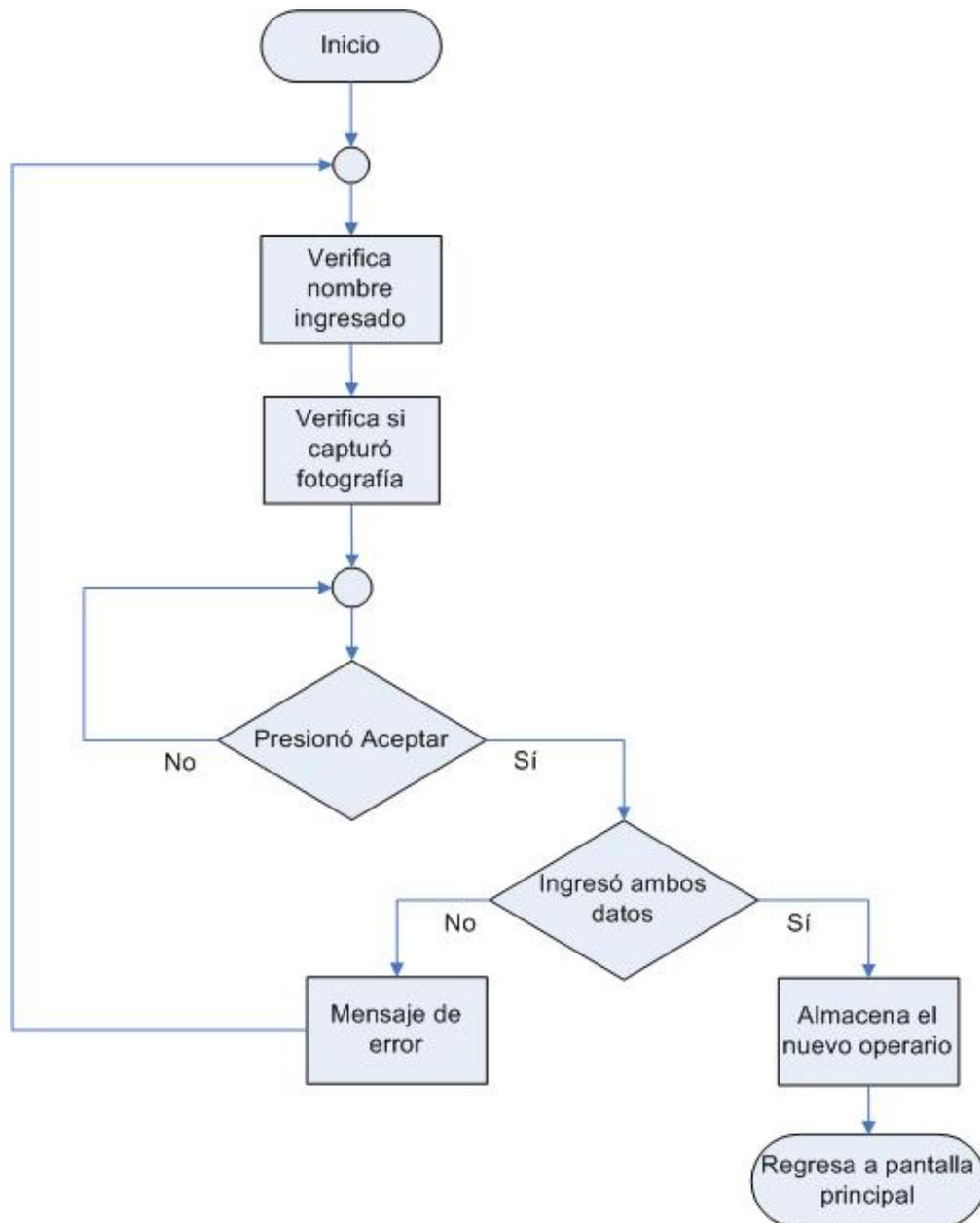


Figura 5.23 Diagrama de flujo del ingreso de nuevos operarios

Los datos del operario quedan almacenados en la base de datos según se describe en la sección 5.3.4.6 Conexión con la base de datos Access.

También es posible ver, agregar o borrar anotaciones sobre el rendimiento del operario, forma de operar, capacitación o ausencias en una fecha particular. En caso de agregar o borrar alguna anotación esta se almacenará o se eliminará según se describe en la sección 5.3.4.6 Conexión con la base de datos Access.

Por último, es posible eliminar el operario del sistema en caso que este deje de laborar para la empresa.

La base de datos realizada en Access permite que la solicitud y despliegue de información se realice en una sola búsqueda como se describirá en esa sección. La Figura 5.25 muestra el diagrama de flujo de esta función.

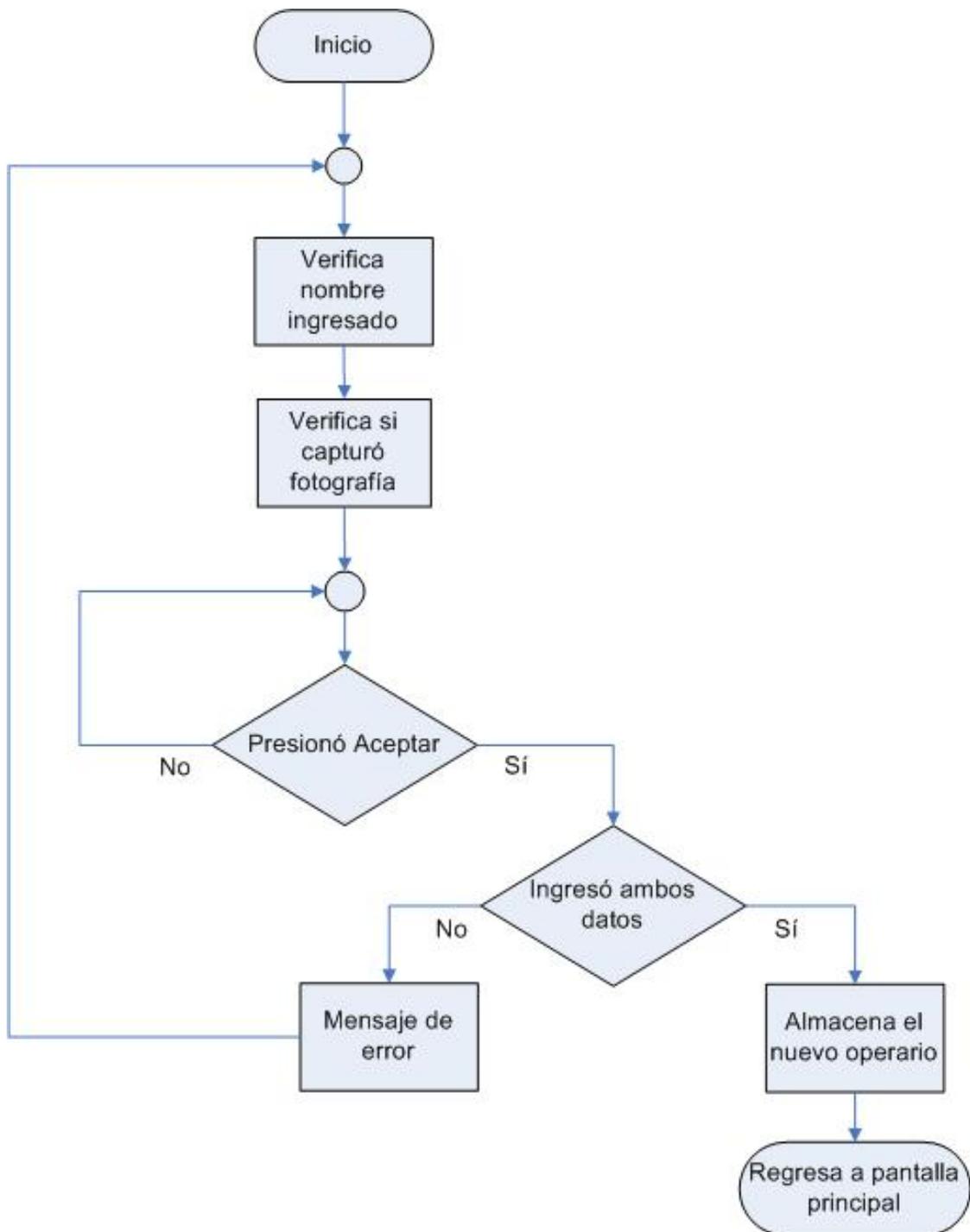


Figura 5.25 Solicitud y despliegue del record y anotaciones del operario

5.3.4.4 Nueva estación

El ingreso de una nueva unidad o estación en la línea de producción es similar al ingreso de nuevos operarios. En este caso se ingresa el nombre de la nueva unidad o estación y la relación RPM/unidad producida o como se llamó anteriormente, factor de producción. Este dato, estimado a lo largo de la utilización de las estaciones por el departamento de producción, permite al programa calcular las unidades producidas por cada estación en la ventana principal del programa, dado que la relación entre revoluciones y producto es lineal. La Figura 5.26 muestra la pantalla para el ingreso de nuevas estaciones y la Figura 5.27 muestra la implementación del funcionamiento de esta función.



Figura 5.26 Pantalla para el ingreso de nuevas estaciones

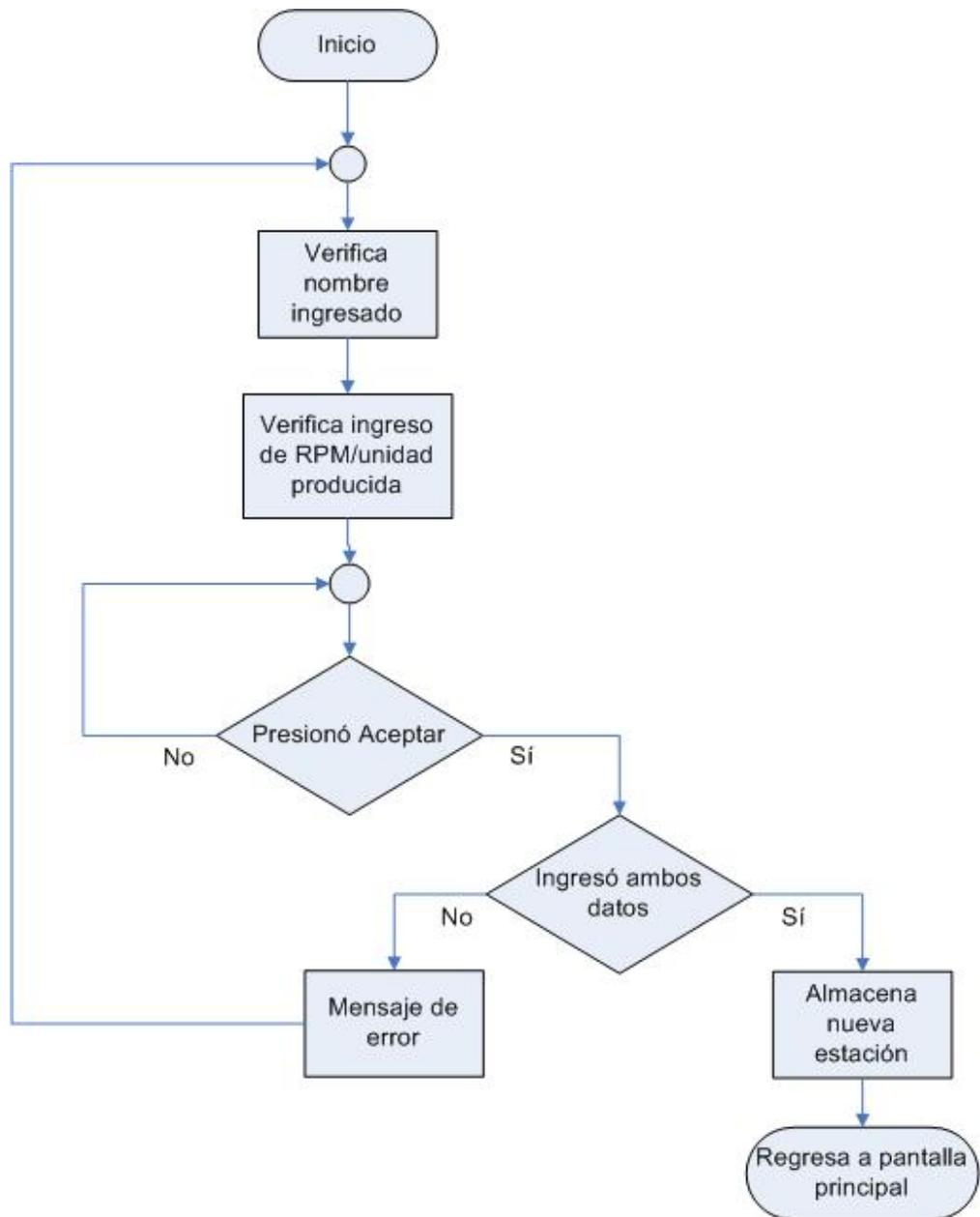


Figura 5.27 Diagrama de flujo del ingreso de nuevas estaciones/unidades

5.3.4.6 Conexión con la base de datos Access

La base de datos en Access tiene dos componentes principales, las tablas con la información que se almacena y las solicitudes de búsquedas. Para el desarrollo de este proyecto se implementaron cinco tablas y cinco solicitudes de búsqueda .

Las tablas implementadas son:

- Operario
- Anotaciones sobre el operario
- Estación
- Anotaciones sobre la estación
- Operaciones

Las solicitudes de búsqueda son:

- Solicitud de búsqueda de operario (QuerySeleccionOperario)
- Solicitud de búsqueda de estación (QuerySelecciónEstacion)
- Solicitud de búsqueda de operación (QueryRecordEstación)
- Solicitud de búsqueda de anotaciones de operario (QueryAnotacionOperario)
- Solicitud de búsqueda de anotaciones de la estación (QueryAnotacionEstacion)

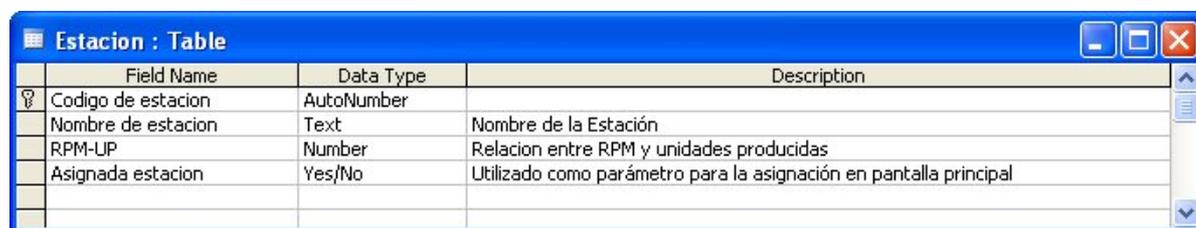
Las tablas se describen a continuación, posteriormente se describen las tres solicitudes de búsqueda más importantes del proyecto.

Tabla de la estación

En esta tabla se almacena la información introducida en la pantalla “Nueva estación”, descrita en la sección 5.3.4.4. Cada uno de los campo o variables tiene un tipo definido, en este caso texto para el nombre de la estación y numérico para RPM-UP que es la relación entre las revoluciones del motor y las unidades producidas. También se almacena Código de estación que es un campo utilizado por Access

para identificar un registro único en una base de datos, por decirlo de otra manera, no pueden existir dos estaciones con el mismo código.

También se almacena un campo llamado Asignada estación. Este campo permite que al ser asignada una estación particular a un operario particular, la estación no pueda ser asignada a otro operario en otra de las pestañas de los nodos remotos. Al ser asignada una estación, es eliminada en las opciones de estación a escoger en las otras pestañas. La tabla Estación, implementada en Access, se presenta en la Figura 5.30.



	Field Name	Data Type	Description
PK	Codigo de estacion	AutoNumber	
	Nombre de estacion	Text	Nombre de la Estación
	RPM-UP	Number	Relacion entre RPM y unidades producidas
	Asignada estacion	Yes/No	Utilizado como parámetro para la asignación en pantalla principal

Figura 5.30 Campos de la tabla Estación

Tabla del operario

En esta tabla se almacena la información introducida en la pantalla “Nuevo operario”, descrita en la sección 5.3.4.2. Cada uno de los campo o variables tiene un tipo definido, en este caso texto para el nombre del operario y objeto OLE para la fotografía el operario. También se almacena Código del operario que es un campo utilizado por Access para identificar un registro único en una base de datos, por decirlo de otra manera, no pueden existir dos operarios con el mismo código.

Al igual que en la tabla Estación, se almacena un campo llamado Asignado operario. Este campo permite que al ser asignada un operario particular a una estación particular, no se pueda asignar ese mismo operario a otra estación en otra de las pestañas de los nodos remotos. Al ser asignado un operario, es eliminado en las opciones de operario a escoger en las otras pestañas. La tabla Operario, implementada en Access se presenta en la Figura 5.31.

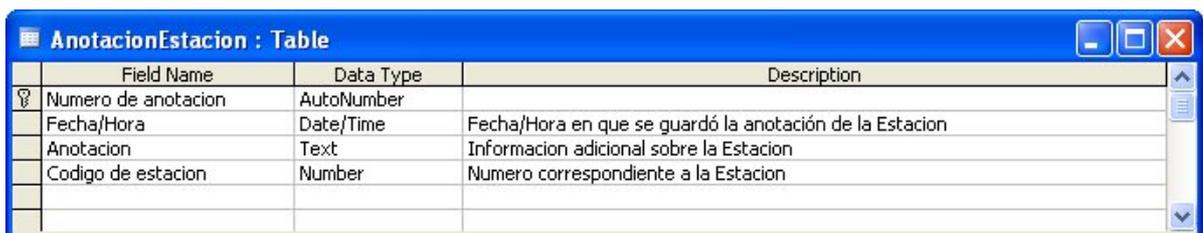


	Field Name	Data Type	Description
?	Codigo del operario	AutoNumber	
	Nombre del operario	Text	
	Fotografia	OLE Object	
	Asignado operario	Yes/No	

Figura 5.31 Campos de la tabla Operario

Tabla de anotaciones sobre la estación

Tal como se mencionó en la sección 5.3.4.3, es posible agregar o eliminar anotaciones concernientes a la estación solicitada. Los campos de esta tabla son Fecha/Hora de tipo Date/Time, Anotación de tipo texto y Código de estación de tipo numérico. Se utilizan los campos Fecha/Hora y Anotación para ser desplegados en la ventana Record y edición de estaciones. Código de estación, aunque no se despliega, es necesario para relacionar las anotaciones con su respectiva unidad en las solicitudes de búsqueda. Esta tabla, implementada en Access se presenta en la Figura 5.32.



	Field Name	Data Type	Description
?	Numero de anotacion	AutoNumber	
	Fecha/Hora	Date/Time	Fecha/Hora en que se guardó la anotación de la Estacion
	Anotacion	Text	Informacion adicional sobre la Estacion
	Codigo de estacion	Number	Numero correspondiente a la Estacion

Figura 5.32 Anotaciones sobre la estación

Tabla de anotaciones sobre el operario

Al igual que en las anotaciones sobre la estación, es posible agregar o eliminar anotaciones concernientes al operario solicitado. Los datos de esta tabla son

Fecha/Hora de tipo Date/Time, Anotación de tipo texto y Código de operario de tipo numérico. Se utilizan los campos Fecha/Hora y Anotación para ser desplegados en la ventana Record y edición de operarios. Código de operario, aunque no se despliega, es necesario para relacionar las anotaciones con su respectiva unidad en las solicitudes de búsqueda. Esta tabla, implementada en Access se presenta en la Figura 5.33.

Field Name	Data Type	Description
Numero de anotacion	AutoNumber	
Fecha/Hora	Date/Time	Fecha/Hora en que se guardó la anotación del Operario
Anotacion	Text	Informacion adicional sobre el Operario
Codigo del Operario	Number	Numero correspondiente al Operario

Figura 5.33 Anotaciones sobre el operario

Tabla de operaciones

Esta tabla es necesaria ya que almacena la operación de cada una de las unidades y relaciona las tablas de estación con la tabla del operario, también almacena la fecha y hora de la operación junto con la producción en esa fecha. Se utiliza para desplegar los datos almacenados cada veinte minutos en las pestañas de los nodos remotos de la ventana principal del programa. Ello lo hace relacionando los campos Código de estación y Código de operario para desplegar fecha/hora y producción. Esta tabla, implementada en Access se presenta en la Figura 5.34.

	Field Name	Data Type	Description
	Codigo de la operacion	AutoNumber	
	Codigo de la estacion	Number	Referencia a la Tabla Estacion
	Codigo del operario	Number	Referencia a la Tabla Operario
	Fecha/Hora	Date/Time	Datos de la fecha y hora de la producción
	Produccion	Number	Cantidad de piezas producidas

Figura 5.34 Campos de la tabla operaciones

Solicitud de búsqueda de operario

Esta solicitud de búsqueda de operario es la relación entre las tablas anteriores tal como se muestra en la Figura 5.35. Para ello se determina el nombre del operario como parámetro de búsqueda, que se puede seleccionar en el menú desplegable “Operario” de la ventana Record y edición de operarios mostrado en la Figura 5.24. También se seleccionan los campos que deben aparecer como resultado de la búsqueda como estación, producción y fecha que se registró, así como las anotaciones sobre ese operario junto con la fecha.



Figura 5.35 Solicitud de búsqueda de operario

Con el parámetro y los campos seleccionados es posible generar el motor de búsqueda SQL para desplegar y editar la información que se presenta en esa ventana. A continuación se presenta el motor de búsqueda SQL para la ventana mencionada anteriormente.

```

DataEnvironment1.rsQuerySeleccionOperario.Open
"SELECT Operario.`Nombre del operario` AS nombreoperario,
      Operario.Fotografia AS fotooperario,
      AnotacionOperario.Anotacion AS anotacionoperario,
      AnotacionOperario.`Fecha/Hora` AS dateanotacionoperario,
      Operaciones.Produccion AS produccionoperario,
      Operaciones.`Fecha/Hora` AS fechahoraproduccion,
      Estacion.`Nombre de estacion` AS nombreestacion
FROM Operario, AnotacionOperario, Operaciones, Estacion
WHERE Operario.`Codigo del operario`=AnotacionOperario.`Codigo del
Operario`
AND Operario.`Codigo del operario` = Operaciones.`Codigo del operario`
AND Operaciones.`Codigo de la estacion` = Estacion.`Codigo de estacion`
AND Operario.`Nombre del operario` = "" & cmbOperario.Value & ""

```

Solicitud de búsqueda de estación

Esta solicitud de búsqueda de estación es la relación entre las tablas anteriores tal como se muestra en la Figura 5.36. Para ello se determina el nombre de la estación como parámetro de búsqueda y se seleccionan los campos que deben aparecer como resultado de la búsqueda. Este dato se selecciona en el menú desplegable de la pantalla Record y edición de operario mostrada en la Figura 5.28.



Figura 5.36 Solicitud de búsqueda de estación

Con el parámetro y los campos seleccionados es posible generar el motor de búsqueda SQL para desplegar y editar la información que se presenta en la ventana Record y edición de estaciones mostrada en la Figura 5.28. A continuación se presenta el motor de búsqueda SQL para la ventana mencionada anteriormente.

```
DataEnvironment1.rsQuerySeleccionEstacion.Open
"SELECT Operario.`Nombre de estación` AS nombreestacion,
      AnotacionEstacion.Anotacion AS anotacionoperario,
      AnotacionEstacion.`Fecha/Hora` AS dateanotacionestacion,
      Operaciones.Produccion AS produccionestacion,
      Operaciones.`Fecha/Hora` AS fechahoraproduccion,
      Operario.`Nombre del operario` AS nombreoperario
FROM Estacion, AnotacionEstacion, Operaciones, Operario
WHERE Estacion.`Codigo de la estación`=AnotacionEstacion.`Codigo de la
Estacion`
AND Estacion.`Codigo de la estación` = Operaciones.`Codigo de la estación`
AND Operaciones.`Codigo del operario` = Operario.`Codigo del operario`
AND Estacion.`Nombre de la estación` = "" & cmbEstacion.Value & """
```

Solicitud de búsqueda de operación

Esta solicitud de búsqueda de operación es la relación entre las tablas anteriores tal como se muestra en la Figura 5.37. Para ello se determina si la estación y el operario seleccionados han sido asignados entre si y se utilizan como parámetro de búsqueda para mostrar la fecha/hora y la producción actual almacenada cada veinte minutos. Esta búsqueda se realiza presionando el botón Mostrar en la pantalla principal del programa, que es mostrado en la Figura 5.17.



Figura 5.37 Solicitud de búsqueda de operación

Con el parámetro y los campos seleccionados es posible generar el motor de búsqueda SQL para desplegar la información. A continuación se presenta el motor de búsqueda SQL para esta solicitud.

```
SELECT Operaciones.`Fecha/Hora`, Operaciones.Produccion,  
       Estacion.`Asignada estacion`,  
       Operario.`Asignado operario`  
FROM Operaciones, Operario, Estacion  
WHERE Operaciones.`Codigo del operario` = Operario.`Codigo del operario`  
      AND Operaciones.`Codigo de la estacion` = Estacion.`Codigo de estacion`  
      AND (Operario.`Nombre del operario` = 'cmbNombreOperario.operario')  
AND  
      (Estacion.`Nombre de estacion` = 'cmbNombreEstacion.estacion')
```

Capítulo 6. Análisis de resultados

A continuación se presenta un análisis de los resultados generados a partir de las pruebas sobre los equipos y el *software* desarrollado. Se dividió este capítulo en secciones con el objetivo de verificar el funcionamiento de cada etapa del sistema, así mismo se evalúa su desempeño con respecto al cumplimiento de los objetivos y requerimientos planteados al inicio del proyecto.

6.1 Extracción de los datos

El diseño del circuito para la extracción de los datos se implementó mediante simulaciones en Electronics Workbench y variaciones experimentales. Inicialmente el circuito simulado con alimentación positiva a 5V, mientras que la alimentación negativa del integrado LM741 se conectó a tierra tal como se muestra en la Figura 6.1.

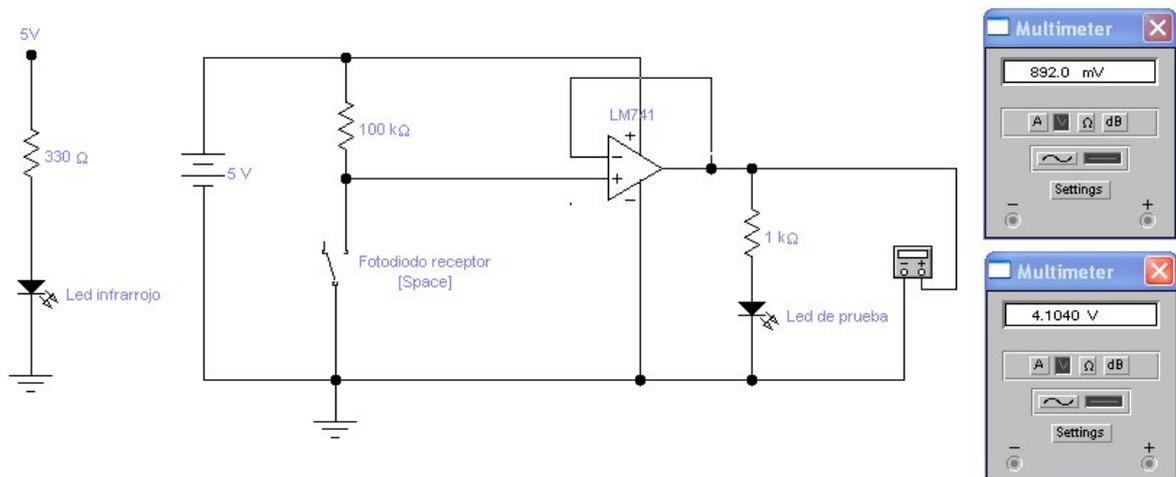


Figura 6.1 Simulación de la extracción de los datos

En esta simulación se observan dos condiciones. En una de ellas se reemplazó el fotodiodo receptor por un corto circuito para simular la conducción del fotodiodo, la salida del circuito tiene una tensión de 892mV. En otra condición se reemplazó el fotodiodo receptor por un circuito abierto simulando el paso de un

objeto entre el led infrarrojo y el fotodiodo receptor. En este caso la tensión de salida es 4.104V.

Cuando se implementó el circuito con el fotodiodo receptor se utilizó la fuente de alimentación DPS-1303DF de King Instrument Electronic para generar la tensión de alimentación en 5V y la alimentación negativa del integrado LM741 conectada a tierra. La salida del circuito, medida con el multímetro DM-6804B de King Instrument Electronic, tuvo una tensión de salida de 0.75V sin interrupciones de objetos y de 4.45V interrumpiendo el enlace infrarrojo. Dado que esta señal debe ser digital y evitar niveles de tensión que causaran conflicto, se implementó una fuente de tensión negativa a partir de la tensión de alimentación positiva para lograr eliminar el offset presente de 0.75V. Tras investigar [24] se implementó la fuente de alimentación negativa mostrada en la Figura 5.6, donde a tensión en el capacitor de 100 μ F se obtuvo una tensión de -2V. Al conectarlo con el circuito de extracción de los datos, se obtuvo una tensión de salida de -1.1V sin interrupción de objetos y 3.1V interrumpiendo el enlace infrarrojo. Dado de que los -2V son un valor alto para eliminar el offset, se comenzó a variar experimentalmente por medio de resistencias la tensión presente en el capacitor de 100 μ F. Se llegó a eliminar el offset con la relación de resistencias de 33 Ω y 330 Ω mostradas en la Figura 5.6. Al interrumpir el enlace infrarrojo se obtuvo 4.32V.

A manera de resumen se presenta la Tabla 6.1.

Tabla 6.1 Regulación de tensión para la captura de datos

Alimentación implementada para la patilla V- del LM741	Tensión de salida sin interrupción de enlace infrarrojo	Tensión de salida con interrupción de enlace infrarrojo
0V	0.75V	4.45V
-2V	0V	4.32V

Aunque la relación de tensión entre la eliminación del offset y la tensión de salida con la interrupción del infrarrojo no es proporcional dadas las condiciones

anteriores a aplicar la alimentación negativa, se resuelve el problema de tener condiciones inestables de captura a la entrada del microcontrolador.

Posteriormente se realizaron pruebas con el osciloscopio Tektronix TDS220 [21] ya que al estar recibiendo interrupciones por parte del motor principal de las máquinas, se esperaba un comportamiento similar a un tren de pulsos a la salida del circuito. Para ello se utilizó un ventilador de computadora con una sola aspa para simular el paso de un objeto móvil conectado al motor que generara la interrupción del enlace infrarrojo. La Figura 6.2 demuestra ese comportamiento.



Figura 6.2 Simulación de la interrupción del enlace infrarrojo con un ventilador de una sola aspa a 39.49Hz

En la figura anterior se puede observar el comportamiento de tren de pulsos con una tensión máxima de 4.32V en cada pulso. También es lo suficientemente constante para poder medir la frecuencia, dato que a la larga va a ser transmitido al nodo base, en este caso 39.49Hz. Otras muestras a diferentes frecuencias se

muestran en el Anexo B.1. Es importante mencionar que este osciloscopio no cuenta con algún tipo de conexión para extraer las imágenes por lo que fue necesario capturar una imagen de la pantalla por medio de cámara fotográfica.

6.2 Cálculo de las revoluciones

El cálculo de las revoluciones en el PIC24FJ32GA004 se implementó por medio de interrupciones, tal como se detalló en la sección 5.3.2.3. La verificación del cálculo de las revoluciones en el *firmware* se realizó conectando el generador de señal FG-2512B de King Instrument Electronic a la patilla RB0 del microcontrolador. También un display LCD de prueba como salida para verificar los datos que entraban en el microcontrolador. Se enviaron trenes de pulsos con diferentes valores de frecuencia con una tensión máxima de 4.3V. Con estos datos se elaboró la Tabla 6.2 comparando los valores mostrados por el generador de señal y los valores de frecuencia mostrados por el display LCD.

Tabla 6.2 Comparación entre frecuencia de entrada y salida junto a su porcentaje de error

Generador de frecuencia [Hz]	Dato mostrado en el display LCD [Hz]	Error [%]
1	1	0
3	3	0
5	5	0
10	10	0
15	15	0
25	25	0
50	50	0
73	73	0
100	100	0
150	150	0
250	249	0.4
491	491	0
990	984	0.606
1475	1466	0.61
2000	1988	0.6
2398	2379	0.79
5020	4981	0.77
10000	9981	0.19
14900	14913	0.087

En la tabla mostrada anteriormente también se incluye el porcentaje de error entre los datos de entrada y de salida. Se realizó de esta manera ya que el cálculo interno en el microcontrolador se realizó con un contador y la idea era acercar el valor del contador lo más cercano posible a un segundo.

Es posible evidenciar en la Tabla 6.2 que para valores de frecuencia entre 1 Hz y 150 Hz el porcentaje de error es cero por lo que se puede concluir que el corte del cálculo del segundo en el contador es muy preciso. También es importante recordar que según lo mencionado por el gerente de producción de la empresa, muchas de las máquinas en relación 1:1 entre revoluciones y piezas elaboradas elaboran 2 piezas por segundo. De aquí se puede concluir que el porcentaje de error es prácticamente nulo para la gran mayoría de las máquinas. También es posible evidenciar que para frecuencias mayores a 990 Hz, 990 piezas elaboradas por segundo en relación 1:1, el porcentaje de error se incrementa hasta alrededor del 0.6%, pero esa frecuencia reflejada linealmente en piezas elaboradas está muy por encima de la producción de cualquier máquina en la empresa.

6.3 Comunicación inalámbrica

Se realizaron pruebas de comunicación, inicialmente con un nodo remoto y el nodo base a dos metros de distancia. En estas mediciones se excluyó la circuitería de captura de las revoluciones y se cambió por un generador de señales FG-2512B, ello con el fin de poder recibir en el nodo base valores conocidos de frecuencia. Del lado del nodo base se utilizó el protocolo RS232 junto con la aplicación Windows Hyper Terminal, donde se seleccionaron los parámetros para la correcta recepción de los datos.

La recepción de la trama se dio sin problemas por lo que se conectaron los otros dos nodos remotos a esa misma distancia para recibir datos de los tres nodos. Se evidenció que la trama de datos leída por Hyper Terminal es la suma de las tres tramas de los tres nodos remotos.

Dadas estas condiciones se quiso poner a prueba el alcance en distancia de los nodos remotos al nodo base. Por medio de cables USB se extrajo la alimentación a tres computadoras portátiles para alimentar cada uno de los nodos remotos ya que la implementación de la alimentación general no forma parte del proyecto. También se simuló con ventiladores la captura de las revoluciones ya con la circuitería completa.

Según la hoja de datos del transceptor MRF24J40MA [11], este tiene un alcance de 122 metros (400 pies) en línea vista. Dadas estas condiciones se distribuyeron los nodos remotos en lugares cercanos a la Escuela de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Las distancias se muestran en la Tabla 6.3.

Tabla 6.3 Distancia de prueba de los nodos remotos al nodo base

Nodo	Distancia [m]
Nodo remoto 1	69
Nodo remoto 2	109
Nodo remoto 3	40

El nodo remoto 1 se colocó a 69 metros del nodo base con algunos obstáculos en medio ya que estos reducen el alcance de la señal. El nodo remoto 2 se colocó a 109 metros para probar el alcance en línea vista del transceptor. El nodo remoto 3 se colocó cercano al nodo base.

Estas pruebas se realizaron colocando el ventilador entre las terminales de captura de la señal y eliminando varias veces de manera controlada en los tres nodos remotos. Las tramas se recibieron como se esperaban.

En la Figura 6.3 se muestra un mapa, tomado de Google Earth, con la distribución de los tres nodos remotos, el nodo base y sus respectivas distancias. También un círculo en azul para señalar el alcance máximo en línea vista de los transceptores.

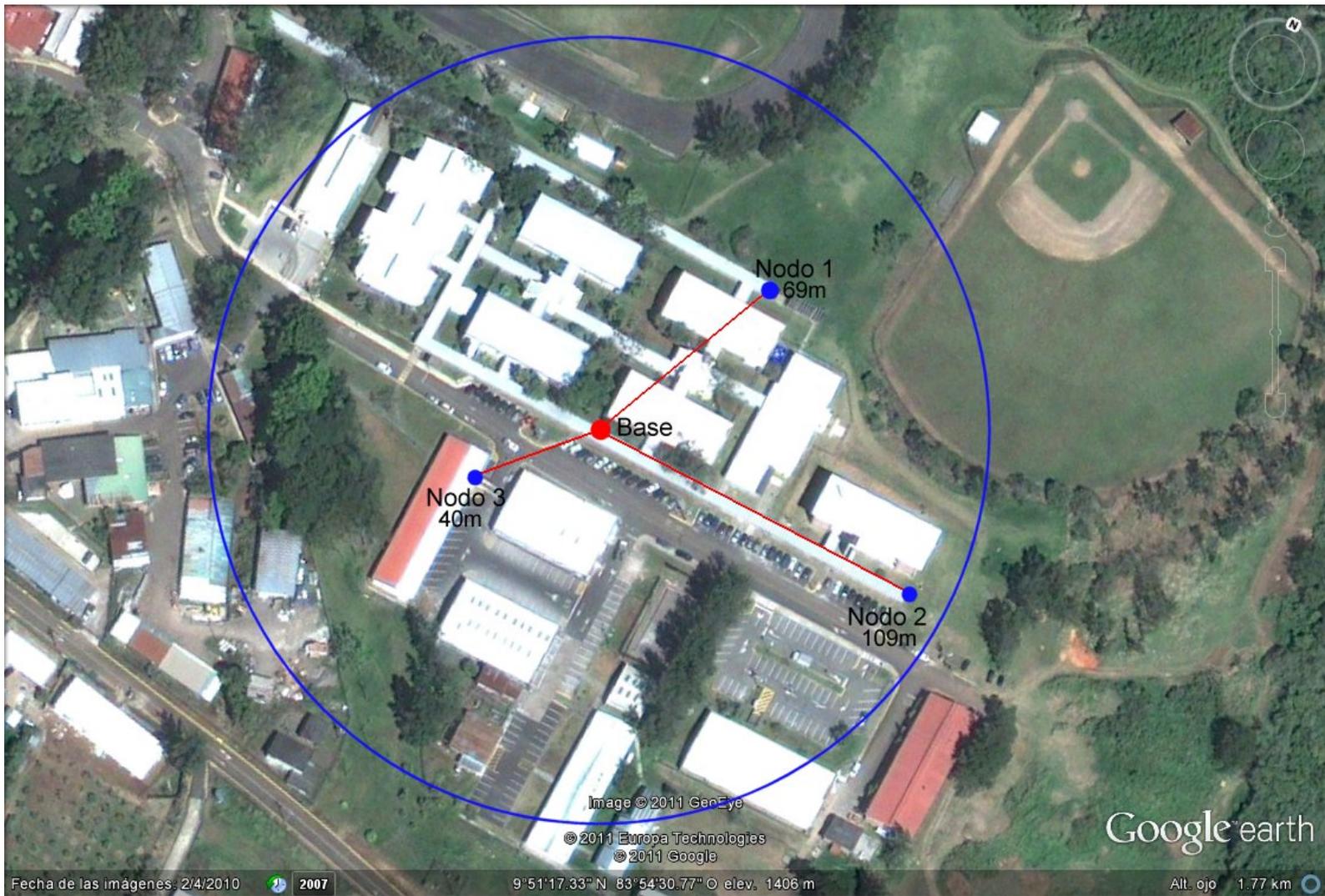


Figura 6.3 Pruebas de alcance de los nodos remotos

6.4 Programa principal

Dado que ya se había realizado la prueba de transmisión de los nodos remotos hacia Hyper Terminal por medio del nodo base con resultados positivos, se implementó la misma función en el programa principal de la computadora. En este caso realizando la actualización de los datos cada segundo, tiempo suficiente para poder visualizar el cambio en los datos recibidos de los transceptores. El programa, implementado en Visual Basic, se probó inicialmente con un nodo remoto para poder filtrar el dato de las revoluciones. El dato se mostró en pantalla junto con la variación del mismo con el factor de producción (probado como factor multiplicador). En la Figura 6.4 y Figura 6.5 se muestra la captura de los datos de las revoluciones junto con su resultado con el factor de producción, factores 3 y 1.2 respectivamente.

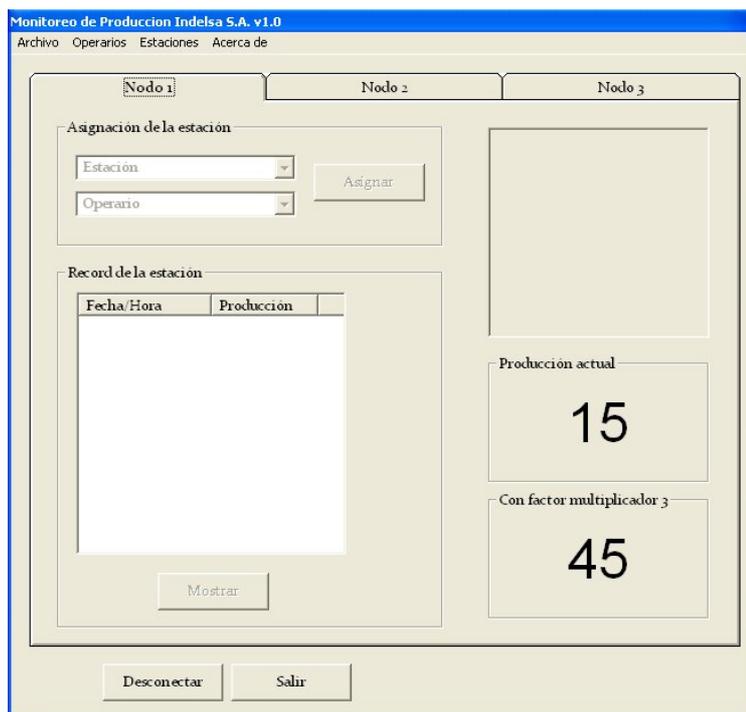


Figura 6.4 Valor capturado de las revoluciones y su conversión a piezas producidas con factor 3

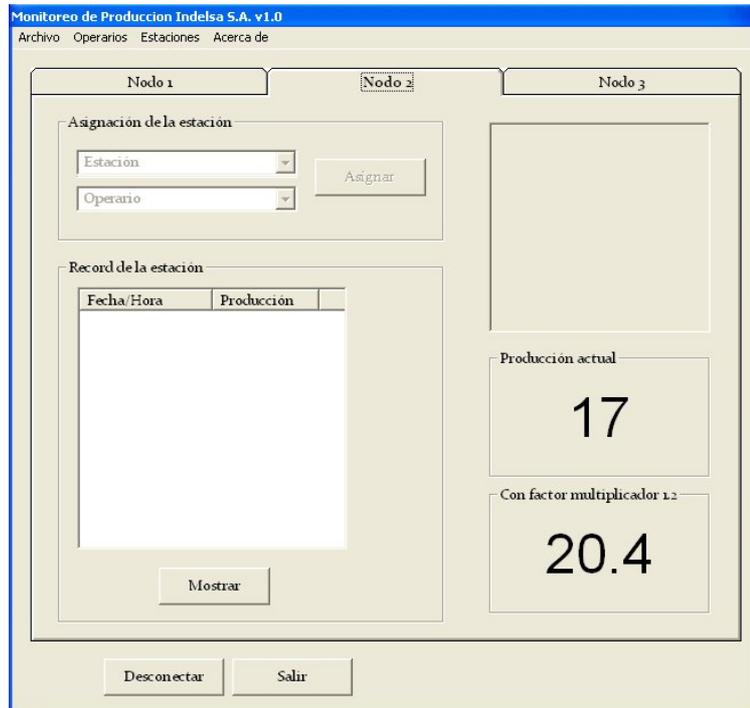


Figura 6.5 Valor capturado de las revoluciones y su conversión a piezas producidas con factor 1.2

Este factor de producción (probado como factor multiplicador) es cargado de la asignación de la unidad que se escoja para trabajar. Posteriormente se eliminó para solo visualizar Producción actual ya con el factor de producción incorporado.

6.5 Almacenamiento de la información

Luego de implementar la parte visual del programa, la base de datos fue probada en dos partes. Primero se probaron las solicitudes de búsqueda de información por medio de las tablas descritas en la sección 5.3.4.6. Estas tablas fueron llenadas con información ya conocida para poder verificar el correcto despliegue de la información en pantalla. Cuando las solicitudes de búsqueda funcionaron correctamente, se eliminó la información de las tablas.

La segunda parte fue realizar la prueba sobre la inserción y borrado de datos por lo que se implementaron y optimizaron las rutinas necesarias para realizar estas funciones. Se probaron realizando nuevamente las solicitudes de búsqueda, en este caso búsquedas sobre la información insertada.

Ambas partes de la implementación, solicitudes de búsqueda y funciones de inserción y borrado, trabajan de la manera correcta.

Capítulo 7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

- El diseño de la trama de envío de información del nodo remoto prevé la implementación de diferentes tipos de trama con lo que es posible enviar diferentes tipos de información al nodo base.
- Pequeñas modificaciones en la pila de programación permite un fácil manejo de la inicialización del protocolo de transmisión y de la asignación de parámetros por lo que simplificó mucho la implementación de la comunicación inalámbrica.
- El diseño y tamaño de los nodos remotos permite adaptar estos a cualquiera de las máquinas bajo cualquier condición de funcionamiento para extraer, procesar y enviar el dato de velocidad de operación.
- Aunque no se dan velocidades muy altas, el sistema completo permite medir velocidades de hasta cinco dígitos
- El prototipo está diseñado para tener un porcentaje de error menor a 1%.
- El programa permite llevar un historial de tamaño ilimitado para la toma de decisiones sobre capacitación del personal.
- El programa permite llevar un historial de tamaño ilimitado para la toma de decisiones sobre mantenimiento preventivo de las máquinas.
- El programa permite llevar un historial de tamaño ilimitado para la toma de decisiones sobre una mejor planificación y estimar de manera adecuada los tiempos de entrega de producto terminado.

7.2 Recomendaciones

- Reducir más el tamaño de los nodos remotos y base mediante el diseño de placas impresas a los prototipos diseñados en este proyecto, con la salvedad que el transceptor ya está implementado en una placa y su antena debe cumplir con ciertos requerimientos de espacio.
- Implementar una fuente de alimentación de tamaño adecuado para darle mayor portabilidad al sistema.
- Implementar la consulta de la base de datos y el muestreo en tiempo real en una aplicación web que sea accesible desde cualquier computador.

Bibliografía

- 1 Creative Commons. 2008. Conector DB9. Consultado 1 agosto 2011. Disponible en <http://es.kioskea.net/contents/elec/connecteur-prise-db9.php3>
- 2 Fairchild Semiconductor™. 2000. Slotted Optical Switch H22A1/2/3. Consultado 15 abril 2011. Disponible en <http://datasheet.emcelettronica.com/fairchild/H22A2>
- 3 García, J; Rodríguez, J; Brazález, A. 1999. Aprenda Visual Basic 6.0. Universidad de Navarra, España.
- 4 Harden, S. 2009. PC Serial communication via MAX232. Consultado 20 setiembre 2011. Disponible en <http://www.swharden.com/blog/2009-05-14-simple-case-avrpc-serial-communication-via-max232>
- 5 Honeywell Internacional Inc. 2007. ZH10 Series Hall-effect Zero Speed Sensors. Consultado 20 abril 2011. Disponible en http://sensing.honeywell.com/index.cfm?ci_id=143600&type=doc&docId=86492
- 6 IEEE 802.15.4. Enciclopedia libre Wikipedia. Descripción del estándar IEEE 802.15.4 (en línea). Consultado 15 abril 2011. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4
- 7 IEEE Standard 802.15.4-2011. 2011. IEEE Standard for Local and metropolitan area networks--Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). (en línea). Consultado 15 abril 2011. Disponible en <http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.15.4-2011.html>

- 8 Microchip Technology Inc. 2005. PICkit™ 2 Microcontroller Programmer USER'S GUIDE. Consultado 20 mayo 2011. Disponible en <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/51553B.pdf>
- 9 Microchip Technology Inc. 2007. PIC24FJ64GA004 Family Data Sheet. Consultado 20 mayo 2011. Disponible en <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39881D.pdf>
- 10 Microchip Technology Inc. 2008. AN1204 "Microchip MIWI™ P2P Wireless Networking Protocol" (DS01204), Consultado 5 mayo 2011. Disponible en <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/01204B.pdf>
- 11 Microchip Technology Inc. 2008. MRF24J40MA Data Sheet "2.4Ghz IEEE Std. 802.15.4™ RF Transceiver Module", Consultado 10 julio 2011. Disponible en <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70329b.pdf>
- 12 Microchip Technology Inc. 2008. MRF24J40MA Data Sheet "2.4Ghz IEEE Std. 802.15.4™ RF Transceiver Module", Consultado 16 agosto 2011. Disponible en <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39699b.pdf>
- 13 Microchip Technology Inc. 2009. PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet. Consultado 10 mayo 2011. Disponible en <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>
- 14 Microchip Technology Inc. Microchip Application Libraries v2011-10-18 Windows. (en línea). Última visita: 25 octubre 2011. Disponible en http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=2680&dDocName=en547784

- 15 Minaet. 2009. Plan Nacional de Atribución de Frecuencias Adendum VII. (35257). Consultado 8 diciembre 2011. Disponible en http://www.pgr.go.cr/scij//scripts/TextoCompleto.dll?Texto&nNorma=65675&nVersion=76851&nTamanoLetra=10&strWebNormativa=http://www.pgr.go.cr/scij/&strODBC=DSN=SCIJ_NRM;UID=sa;PWD=scij;DATABASE=SCIJ_NRM;&strServidor=\\pgr04&strUnidad=D:&strJavaScript=NO
- 16 National Semiconductor. 2004. LM741 Operational Amplifier. Consultado 15 marzo 2011. Disponible en www.national.com/ds/LM/LM741.pdf
- 17 NTE Electronics Ins. NTE1904 Positive 3 Terminal Voltage Regulator. Consultado 2 julio 2011. Disponible en <http://ntecanada.ca/specs/1900to1999/pdf/nte1904.pdf>
- 18 NXP Semiconductors. 2002. 1N4148, 1N4448 High-speed diodes. Consultado 1 abril 2011. Disponible en http://www.nxp.com/documents/data_sheet/1N4148_1N4448.pdf
- 19 Peacock, C. 1998. Interfacing the Serial / RS232 Port V5.0. Consultado 1 agosto 2011. Disponible en www.beyondlogic.org/serial/serial.pdf
- 20 Servicios Informáticos. 2006. Introducción a Access 2003. Universidad de Navarra, España.
- 21 Tektronix, INC. 1999. TDS 210,TDS 220,TDS 224 Osciloscopios Digitales en Tiempo Real. Consultado 1 noviembre 2011. Disponible en http://www.tek.com/Measurement/Products/catalog/tds200/esp/40S_10992_4.pdf

- 22 Texas Instruments. 2007. MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS. Consultado 15 setiembre 2011. Disponible en www.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf
- 23 Texas Instruments. 2007. CC2520 Data Sheet 2.4 GHZ IEEE 802.15.4/ZIGBEE® RF Transceiver. Consultado 1 mayo 2011. Disponible en www.ti.com/lit/ds/symlink/cc2520.pdf
- 24 Texas Instruments. 2010. NA555, NE555, SA555, SE555 Precision timers. Consultado 1 abril 2011. Disponible en www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf

Apéndices

Apéndice A.1 Glosario, abreviaturas y simbología

A/D	Módulo para la conversión de datos analógico/digital
Baliza	Códigos que se colocan en los extremos de los datos enviados inalámbricamente. Señalizan el inicio y fin del dato enviado.
Buffer	Dispositivo o medio encargado de almacenar temporalmente datos.
CSMA/CA	Método de acceso múltiple por detección de portadora con anulación de colisiones. Utilizado en redes donde varios nodos notifican a la base sobre su intención de enviar datos.
DB9/DB25	Son dos tipos de conectores analógicos de 9 y 25 pines respectivamente. Se utilizan principalmente para conexiones en serie ya que permiten una transmisión asíncrona de datos por medio del protocolo RS-232.
DSSS	Secuencia directa de espectro extendido. Es una técnica de modulación.
EEPROM	También llamado E ² PROM, es un tipo de memoria ROM que puede ser programada, borrada y reprogramada electrónicamente.
EIA	Asociación de Industrias Electrónicas. Elaboraron el protocolo de comunicación RS-232.
FFD	Dispositivo tipo nodo con funcionalidad completa, encargado de controlar la transmisión de datos hacia el y establecer múltiples conexiones.
Firmware	Programa de bajo o mediano nivel escrito en microcontroladores para llevar a cabo una tarea específica.
Fotodiodo	Es un semiconductor construido con una unión PN, sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja.
GND	Señalización de tierra o masa.
Harvard	Arquitectura en la cual el almacenamiento de los datos e instrucciones se realiza en forma separada.

I²C	Módulo de circuito Inter-Integrado. Es una interfaz tipo serie utilizado para comunicación con dispositivos periféricos y microcontroladores.
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctrico y Electrónico dedicado mundialmente a la estandarización de nuevas tecnologías.
ISM	Referente a la banda de transmisión para aplicaciones industriales, médicas y científicas en los Estados Unidos.
MAC	Control de acceso al medio. Es la capa superior al nivel físico que se encarga de transmitir datos.
Mapear	Término utilizada para indicar la disponibilidad de pines en los microcontroladores para asignarles tareas específicas fundamentalmente relacionadas con control y comunicación con dispositivos periféricos.
MIPS	Millones de instrucciones por segundo. Es una de las formas de medir la potencia de procesamiento digital de dispositivos controladores y microcontroladores.
P2P	Comunicación punto a punto.
PAN	Red inalámbrica de área personal.
PCB	Circuito impreso.
PHY	Nivel físico en el estándar IEEE 802.15.4, encargado de proveer el control de la transmisión da datos.
PNAF	Plan Nacional de Atribución de Frecuencias. Su objetivo es establecer la segmentación del espectro radioeléctrico en Costa Rica.
QFN	Es una de las tecnologías de empaquetado para circuitos integrados que busca reducir el tamaño físico de los dispositivos.
Query	Búsqueda o solicitud de búsqueda.
RFD	Dispositivo tipo nodo con funcionalidad reducida, es un nodo terminal que puede comunicarse únicamente con un nodo con funcionalidad completa (FFD).
SPI	Interfaz de periférico síncrono serie utilizado en la comunicación con periféricos y microcontroladores.

SQL	Generador visual de consultas de búsqueda que ofrece la posibilidad de construir consultas a bases de datos.
Topología	Estructura física-espacial referente a la ubicación y configuración de los dispositivos tipo nodo en una red de comunicación.
Trama	Es la unidad para el envío de datos, también llamado paquete de datos. Incluye las balizas y la información que se requiere enviar, entre otros dependiendo del protocolo de comunicación.
Transceptor	Dispositivo encargado de recibir y enviar información, generalmente en forma inalámbrica.
UART	Transmisor-Receptor asíncrono universal. Es un módulo cuya función es establecer comunicación asíncrona con periféricos y computadores utilizando distintos protocolos de comunicación como el RS-232.
WPAN	Redes inalámbricas de área personal.
ZigBee	Protocolo de comunicación inalámbrica utilizado en redes de bajo consumo de energía y baja transferencia de datos que trabaja bajo el estándar IEEE 802.15.4 y WPAN.

Texto aparte.



Industrias Elegantes S.A.

Departamento de producción

**Sistema especializado de monitoreo y
control de producción**

Manual de Usuario

Bernhard Silesky Hernández

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electrónica



Apéndice A.3 Información sobre la empresa

Industrias Elegantes S.A., ubicada en Curridabat, es una compañía que se fundó en 1984 siendo pionera a nivel centroamericano como la primera planta fabricante de películas polipropileno y primer compañía fabricante de películas CAST en Costa Rica. Actualmente se especializa en producir empaques flexibles de monocapa, multicapas coextruidos y laminados en distintos materiales. Su gama de productos va dirigido los sectores alimenticio, textil, lácteo, industrial, agrícola, farmacéutico, químico y hospitalario. Su departamento de producción se divide en tres áreas que son conversión, impresión y extrusión. Estas se encargan de diseñar el empaque, la extrusión del material, preparación del arte, impresión, conversión, perforación, laminación y formación de bolsa por lo que posee el proceso de fabricación completo.

En planta se cuenta con 36 operarios en tres turnos de ocho horas o dos turnos de doce horas según sea la demanda en la producción. Cuentan con tres máquinas convertidoras de bolsas tipo sello fondo, seis máquinas convertidoras de bolsa tipo sello lateral, cuatro extrusoras de soplado de película de polipropileno, tres impresoras flexográficas, una cortadora (slitter) y embobinadoras.

Anexos

A continuación se presentan mediciones adicionales sobre la circuitería. Además las hojas de datos de los principales dispositivos utilizados en el desarrollo de este proyecto.

Anexo B.1 Tren de pulsos de la captura de datos

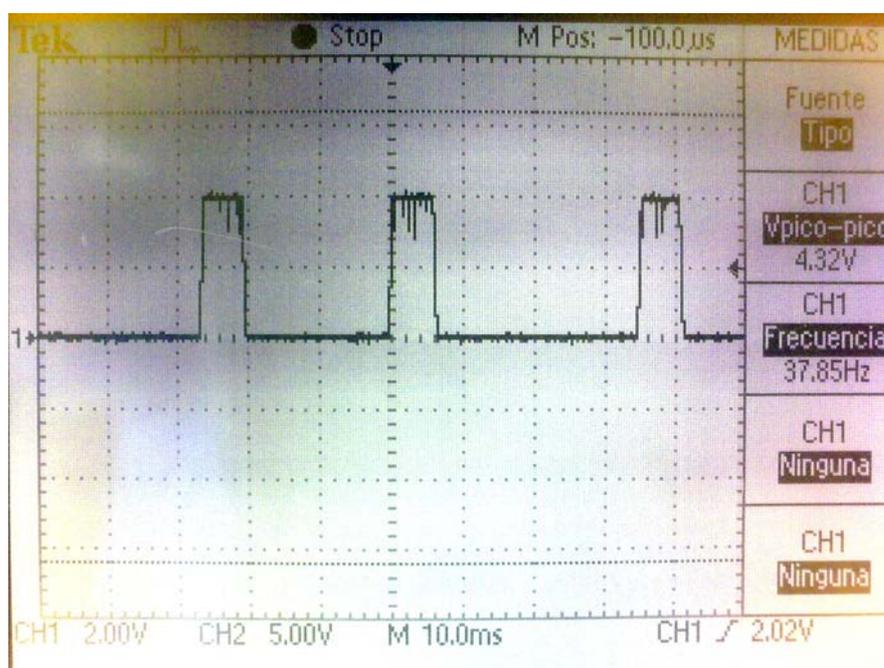


Figura A.6.1 Simulación de la interrupción del enlace infrarrojo con un ventilador de una sola aspa a 37.85Hz

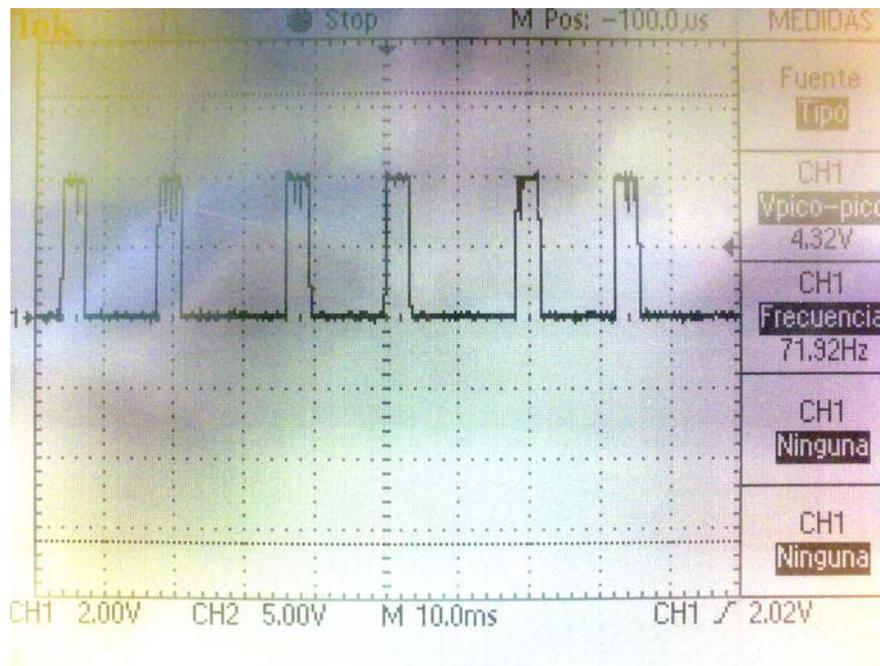


Figura A.6.2 Simulación de la interrupción del enlace infrarrojo con un ventilador de una sola aspa a 71.92Hz



Figura A.6.3 Simulación de la interrupción del enlace infrarrojo con un ventilador de una sola aspa a 172.8Hz

Anexo B.2 Hoja de datos PICKit™ 2

PICKit™ 2 User's Guide

1.5 PICKit™ 2 MICROCONTROLLER PROGRAMMER OVERVIEW

The PICKit™ 2 Microcontroller Programmer overview is shown in Figure 1-1.

FIGURE 1-1: PICKit™ 2 MICROCONTROLLER PROGRAMMER



1.5.1 USB Port Connection

The USB Port Connection is a USB mini-B connector. Connect the PICKit™ 2 Microcontroller Programmer to the PC using the supplied USB cable.

1.5.2 Status LEDs

The Status LEDs indicate the status of the PICKit™ 2 Microcontroller Programmer.

1. **Power** (green) – Power is applied to the PICKit™ 2 Microcontroller Programmer via the USB port.
2. **Target** (yellow) – The PICKit™ 2 Microcontroller Programmer is powering the target device.
3. **Busy** (red) – The PICKit™ 2 Microcontroller Programmer is busy with a function such as Program mode or is alerting that a function is in progress.

1.5.3 Push Button

The push button is for initiating a function and presently not implemented.

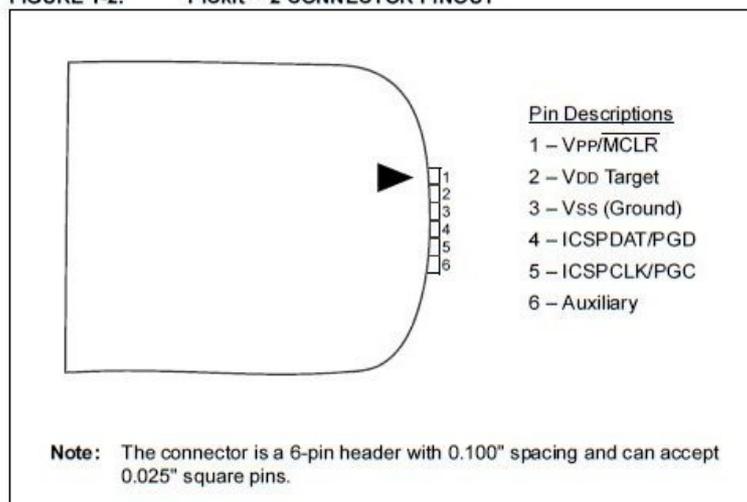
PICKit™ 2 Overview

1.5.4 Programming Connector

The programming connector is a 6-pin connector (0.100" spacing) to connect to the target device. See Figure 1-2 for the pinout specification. Pin 1 is indicated by the triangle.

For more information on how to use the PICKit™ 2 Microcontroller Programmer with In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™), refer to **Chapter 3. "PICKit™ 2 and ICSP™"**.

FIGURE 1-2: PICKit™ 2 CONNECTOR PINOUT



1.5.5 Lanyard Connection

The lanyard connection is a convenient place to attach a lanyard or line to keep the PICKit™ 2 Microcontroller Programmer from becoming lost.

Chapter 3. PICKit™ 2 and ICSP™

3.1 INTRODUCTION

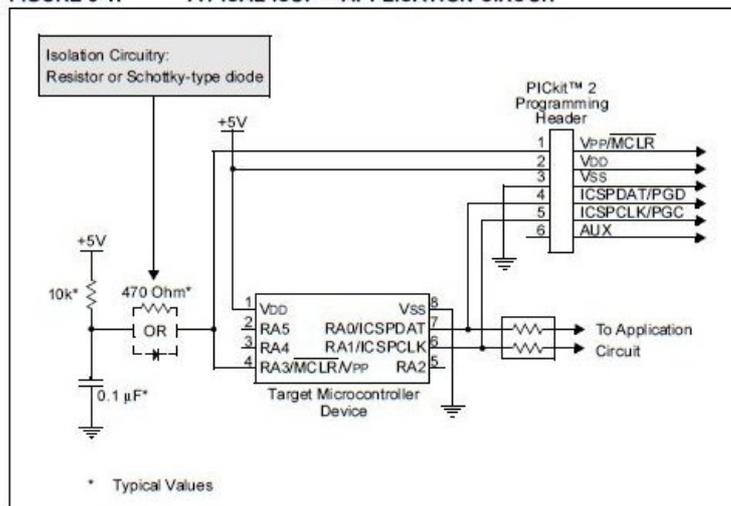
The PICKit™ 2 Microcontroller Programmer can program PICmicro® microcontrollers that are installed in an application circuit using In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™). In-Circuit Serial Programming (ICSP) requires five signals:

- VPP – Programming Voltage; when applied, the device goes into Programming mode.
- ICSPCLK or PGC – Programming Clock; a unidirectional synchronous serial clock line from the programmer to the target.
- ICSPDAT or PGD – Programming Data; a bidirectional synchronous serial data line.
- VDD – Power Supply positive voltage.
- VSS – Power Supply ground reference.

However, the application circuit must be designed to allow all the programming signals to be connected to the PICmicro device without distorting the programming signals. Figure 3-1 shows a typical circuit as a starting point when designing an application circuit for ICSP. For successful ICSP programming, the precautions in the following sections need to be followed.

Note: For details on how a specific device is programmed, refer to the device programming specification available from the Microchip web site at www.microchip.com.

FIGURE 3-1: TYPICAL ICSP™ APPLICATION CIRCUIT





MICROCHIP PIC24FJ64GA004 FAMILY

28/44-Pin General Purpose, 16-Bit Flash Microcontrollers

High-Performance CPU:

- Modified Harvard Architecture
- Up to 16 MIPS Operation @ 32 MHz
- 8 MHz Internal Oscillator with 4x PLL Option and Multiple Divide Options
- 17-Bit by 17-Bit Single-Cycle Hardware Multiplier
- 32-Bit by 16-Bit Hardware Divider
- 16-Bit x 16-Bit Working Register Array
- C Compiler Optimized Instruction Set Architecture:
 - 76 base instructions
 - Flexible addressing modes
- Two Address Generation Units for Separate Read and Write Addressing of Data Memory

Special Microcontroller Features:

- Operating Voltage Range of 2.0V to 3.6V
- 5.5V Tolerant Input (digital pins only)
- High-Current Sink/Source (18 mA/18 mA) on All I/O Pins
- Flash Program Memory:
 - 10,000 erase/write
 - 20-year data retention minimum
- Power Management modes:
 - Sleep, Idle, Doze and Alternate Clock modes
 - Operating current 650 μ A/MIPS typical at 2.0V
 - Sleep current 150 nA typical at 2.0V
- Fail-Safe Clock Monitor Operation:
 - Detects clock failure and switches to on-chip, low-power RC oscillator
- On-Chip, 2.5V Regulator with Tracking mode
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Flexible Watchdog Timer (WDT) with On-Chip, Low-Power RC Oscillator for Reliable Operation
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) and In-Circuit Debug (ICD) via 2 Pins
- JTAG Boundary Scan and Programming Support

Analog Features:

- 10-Bit, up to 13-Channel Analog-to-Digital Converter:
 - 500 kps conversion rate
 - Conversion available during Sleep and Idle
- Dual Analog Comparators with Programmable Input/Output Configuration

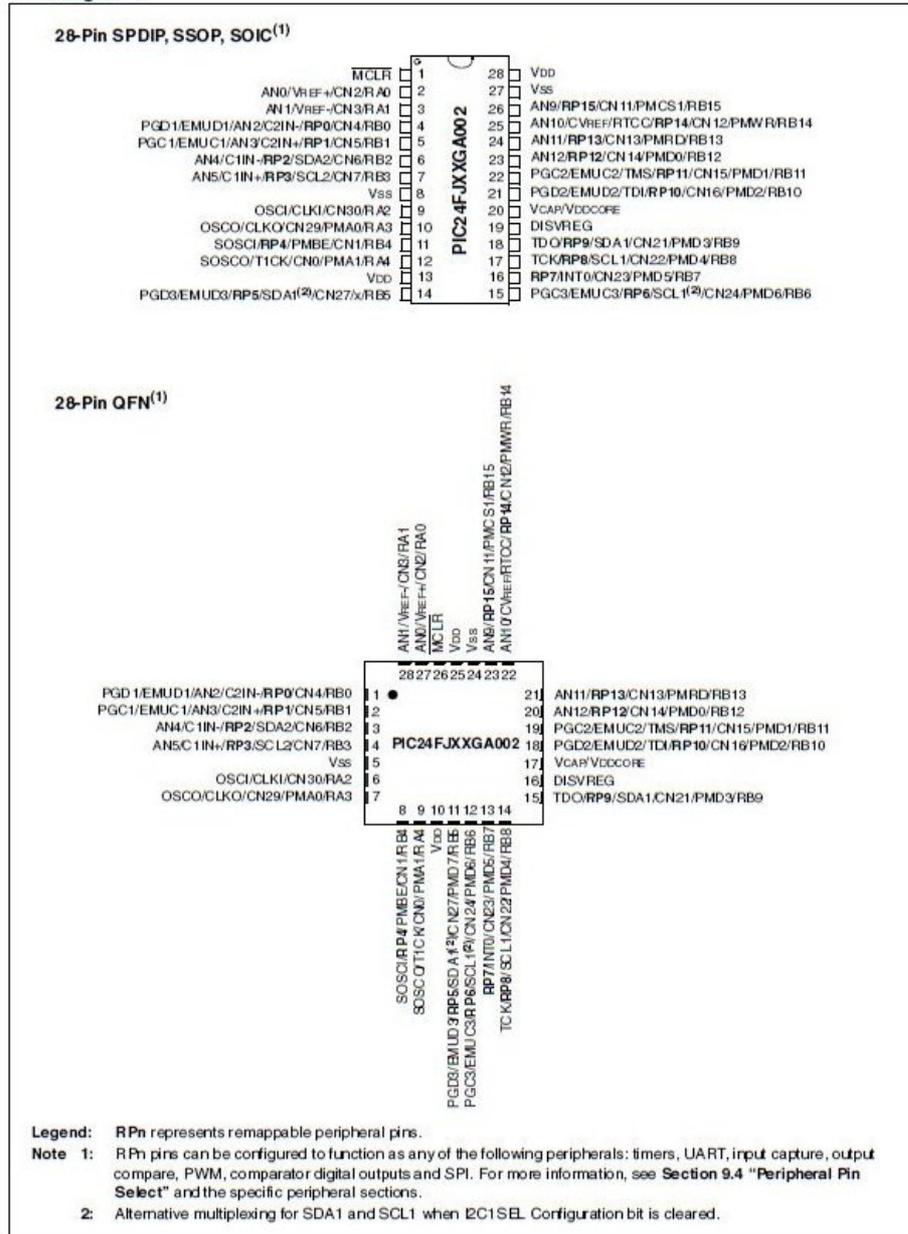
Peripheral Features:

- Peripheral Pin Select:
 - Allows independent I/O mapping of many peripherals
 - Up to 26 available pins (44-pin devices)
 - Continuous hardware integrity checking and safety interlocks prevent unintentional configuration changes
- 8-Bit Parallel Master/Slave Port (PMP/PSP):
 - Up to 16-bit multiplexed addressing, with up to 11 dedicated address pins on 44-pin devices
 - Programmable polarity on control lines
- Hardware Real-Time Clock/Calendar (RTCC):
 - Provides clock, calendar and alarm functions
- Programmable Cyclic Redundancy Check (CRC)
- Two 3-Wire/4-Wire SPI modules (support 4 Frame modes) with 8-Level FIFO Buffer
- Two I²C™ modules support Multi-Master/Slave mode and 7-Bit/10-Bit Addressing
- Two UART modules:
 - Supports RS-485, RS-232, and LIN 1.2
 - On-chip hardware encoder/decoder for IrDA®
 - Auto-wake-up on Start bit
 - Auto-Baud Detect
 - 4-level deep FIFO buffer
- Five 16-Bit Timers/Counters with Programmable Prescaler
- Five 16-Bit Capture Inputs
- Five 16-Bit Compare/PWM Outputs
- Configurable Open-Drain Outputs on Digital I/O Pins
- Up to 4 External Interrupt Sources

PIC24FJ Device	Pins	Program Memory (bytes)	SRAM (bytes)	Remappable Peripherals							I ² C™	10-Bit AD (ch)	Comparators	PMP/PSP	JTAG
				Remappable Pins	Timers 16-Bit	Capture Input	Compare/PWM Output	UART w/ IrDA®	SPI						
16GA002	28	16K	4K	16	5	5	5	2	2	2	10	2	Y	Y	
32GA002	28	32K	8K	16	5	5	5	2	2	2	10	2	Y	Y	
48GA002	28	48K	8K	16	5	5	5	2	2	2	10	2	Y	Y	
64GA002	28	64K	8K	16	5	5	5	2	2	2	10	2	Y	Y	
16GA004	44	16K	4K	26	5	5	5	2	2	2	13	2	Y	Y	
32GA004	44	32K	8K	26	5	5	5	2	2	2	13	2	Y	Y	
48GA004	44	48K	8K	26	5	5	5	2	2	2	13	2	Y	Y	
64GA004	44	64K	8K	26	5	5	5	2	2	2	13	2	Y	Y	

PIC24FJ64GA004 FAMILY

Pin Diagrams



Anexo B.4 Hoja de datos MRF24J40MA



MRF24J40MA

2.4 GHz IEEE Std. 802.15.4™ RF Transceiver Module

Features:

- IEEE Std. 802.15.4™ Compliant RF Transceiver
- Supports ZigBee®, MiWi™, MiWi™ P2P and Proprietary Wireless Networking Protocols
- Small Size: 0.7" x 1.1" (17.8 mm x 27.9 mm), Surface Mountable
- Integrated Crystal, Internal Voltage Regulator, Matching Circuitry and PCB Antenna
- Easy Integration into Final Product – Minimize Product Development, Quicker Time to Market
- Radio Regulation Certification for United States (FCC), Canada (IC) and Europe (ETSI)
- Compatible with Microchip Microcontroller Families (PIC16F, PIC18F, PIC24F/H, dsPIC33 and PIC32)
- Up to 400 ft. Range

Operational:

- Operating Voltage: 2.4-3.6V (3.3V typical)
- Temperature Range: -40°C to +85°C Industrial
- Simple, Four-Wire SPI Interface
- Low-Current Consumption:
 - RX mode: 19 mA (typical)
 - TX mode: 23 mA (typical)
 - Sleep: 2 µA (typical)

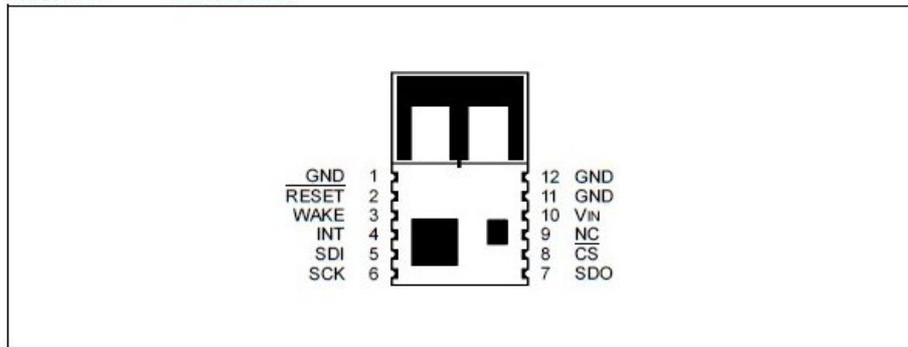
RF/Analog Features:

- ISM Band 2.405-2.48 GHz Operation
- Data Rate: 250 kbps
- -94 dBm Typical Sensitivity with +5 dBm Maximum Input Level
- +0 dBm Typical Output Power with 36 dB TX Power Control Range
- Integrated Low Phase Noise VCO, Frequency Synthesizer and PLL Loop Filter
- Digital VCO and Filter Calibration
- Integrated RSSI ADC and I/Q DACs
- Integrated LDO
- High Receiver and RSSI Dynamic Range

MAC/Baseband Features:

- Hardware CSMA-CA Mechanism, Automatic ACK Response and FCS Check
- Independent Beacon, Transmit and GTS FIFO
- Supports all CCA modes and RSS/LQI
- Automatic Packet Retransmit Capable
- Hardware Security Engine (AES-128) with CTR, CCM and CBC-MAC modes
- Supports Encryption and Decryption for MAC Sublayer and Upper Layer

FIGURE 1: PIN DIAGRAM



MRF24J40MA

1.0 DEVICE OVERVIEW

The MRF24J40MA is a 2.4 GHz IEEE Std. 802.15.4™ compliant, surface mount module with integrated crystal, internal voltage regulator, matching circuitry and PCB antenna. The MRF24J40MA module operates in the non-licensed 2.4 GHz frequency band and is FCC, IC and ETSI compliant. The integrated module design frees the integrator from extensive RF and antenna design, and regulatory compliance testing, allowing quicker time to market.

The MRF24J40MA module is compatible with Microchip's ZigBee®, M2Wi™ and M2Wi P2P software stacks. Each software stack is available as a free download, including source code, from the Microchip web site <http://www.microchip.com/wireless>.

The MRF24J40MA module has received regulatory approvals for modular devices in the United States (FCC), Canada (IC) and Europe (ETSI). Modular approval removes the need for expensive RF and antenna design and allows the end user to place the

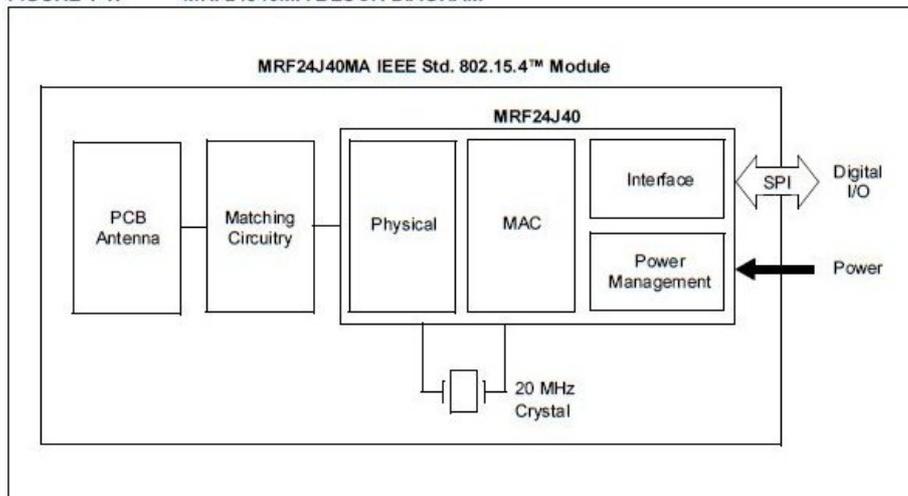
MRF24J40MA module inside a finished product and not require regulatory testing for an intentional radiator (RF transmitter). See Section 3.0 "Regulatory Approval" for specific requirements to be followed by the integrator.

1.1 Interface Description

Figure 1-1 shows a simplified block diagram of the MRF24J40MA module. The module is based on the Microchip Technology MRF24J40 IEEE 802.15.4™ 2.4 GHz RF Transceiver IC. The module interfaces to many popular Microchip PIC® microcontrollers via a 4-wire serial SPI interface, interrupt, wake, Reset, power and ground, as shown in Figure 1-2. Table 1-1 provides the pin descriptions.

Data communications with the MRF24J40MA module are documented in the "MRF24J40 IEEE 802.15.4™ 2.4 GHz RF Transceiver Data Sheet" (DS3976). Refer to the MRF24J40 Data Sheet for specific serial interface protocol and register definitions.

FIGURE 1-1: MRF24J40MA BLOCK DIAGRAM



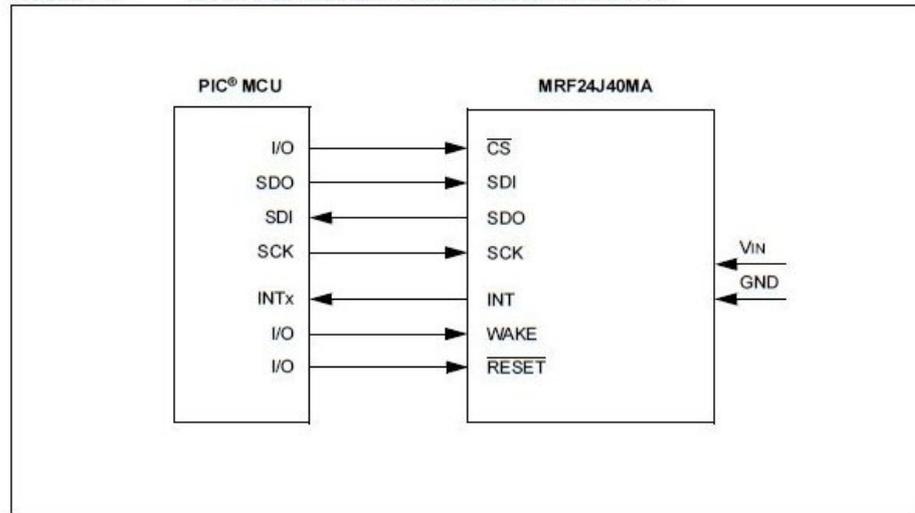
MRF24J40MA

TABLE 1-1: PIN DESCRIPTION

Pin	Symbol	Type	Description
1	GND	Power	Ground
2	RESET	DI	Global hardware Reset pin
3	WAKE	DI	External wake-up trigger
4	INT	DO	Interrupt pin to microcontroller
5	SDI	DI	Serial interface data input
6	SCK	DI	Serial interface clock
7	SDO	DO	Serial interface data output from MRF24J40
8	CS	DI	Serial interface enable
9	NC	—	No connection (allow pin to float; do not connect signal)
10	V _{IN}	Power	Power supply
11	GND	Ground	Ground
12	GND	Ground	Ground

Legend: Pin type abbreviation: D = Digital, I = Input, O = Output

FIGURE 1-2: MICROCONTROLLER TO MRF24J40MA INTERFACE





August 2000

LM741 Operational Amplifier

General Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications. The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and

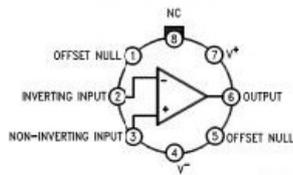
output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C is identical to the LM741/LM741A except that the LM741C has their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

Features

Connection Diagrams

Metal Can Package

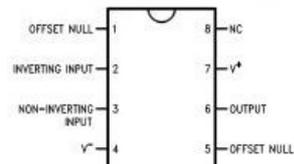


00904102

Note 1: LM741H is available per JM38510/10101

Order Number LM741H, LM741H/883 (Note 1),
LM741AH/883 or LM741CH
See NS Package Number H08C

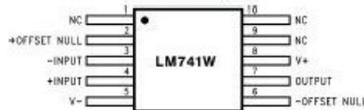
Dual-In-Line or S.O. Package



00904102

Order Number LM741J, LM741J/883, LM741CN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

Ceramic Flatpak

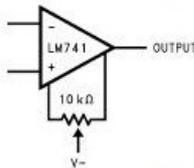


00904106

Order Number LM741W/883
See NS Package Number W10A

Typical Application

Offset Nulling Circuit



00904107

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

(Note 7)

	LM741A	LM741	LM741C
Supply Voltage	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 3)	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 4)	±15V	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C	-55°C to +125°C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C	150°C	100°C
Soldering Information			
N-Package (10 seconds)	260°C	260°C	260°C
J- or H-Package (10 seconds)	300°C	300°C	300°C
M-Package			
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	215°C	215°C	215°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.			
ESD Tolerance (Note 8)	400V	400V	400V

Electrical Characteristics (Note 5)

Parameter	Conditions	LM741A			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$ $R_B \leq 50\Omega$		0.8	3.0		1.0	5.0		2.0	6.0	mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_B \leq 10\text{ k}\Omega$			4.0			6.0			7.5	mV
											mV
Average Input Offset Voltage Drift				15							$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 20\text{V}$	±10				±15			±15		mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		3.0	30		20	200		20	200	nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			70		85	500			300	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							$\text{nA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		30	80		80	500		80	500	nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			0.210			1.5			0.8	μA
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 20\text{V}$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		M Ω
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $V_S = \pm 20\text{V}$	0.5									M Ω
Input Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$							±12	±13		V
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$				±12	±13					V

Anexo B.6 Hoja de datos NTE1904



NTE1904 Integrated Circuit Positive 3 Terminal Voltage Regulator, Low Dropout Voltage, 3.3V, 1A

Description:

The NTE1904 is a positive voltage regulator in a TO220 type package and features very low dropout voltage and very low quiescent current making it particularly suitable for low noise, low power applications and specifically in battery powered systems.

Features:

- Very Low Dropout Voltage: 0.45V
- Very Low Quiescent Current
- Logic-Controlled Electronic Shutdown
- Internal Current and Thermal Limit

Absolute Maximum Ratings:

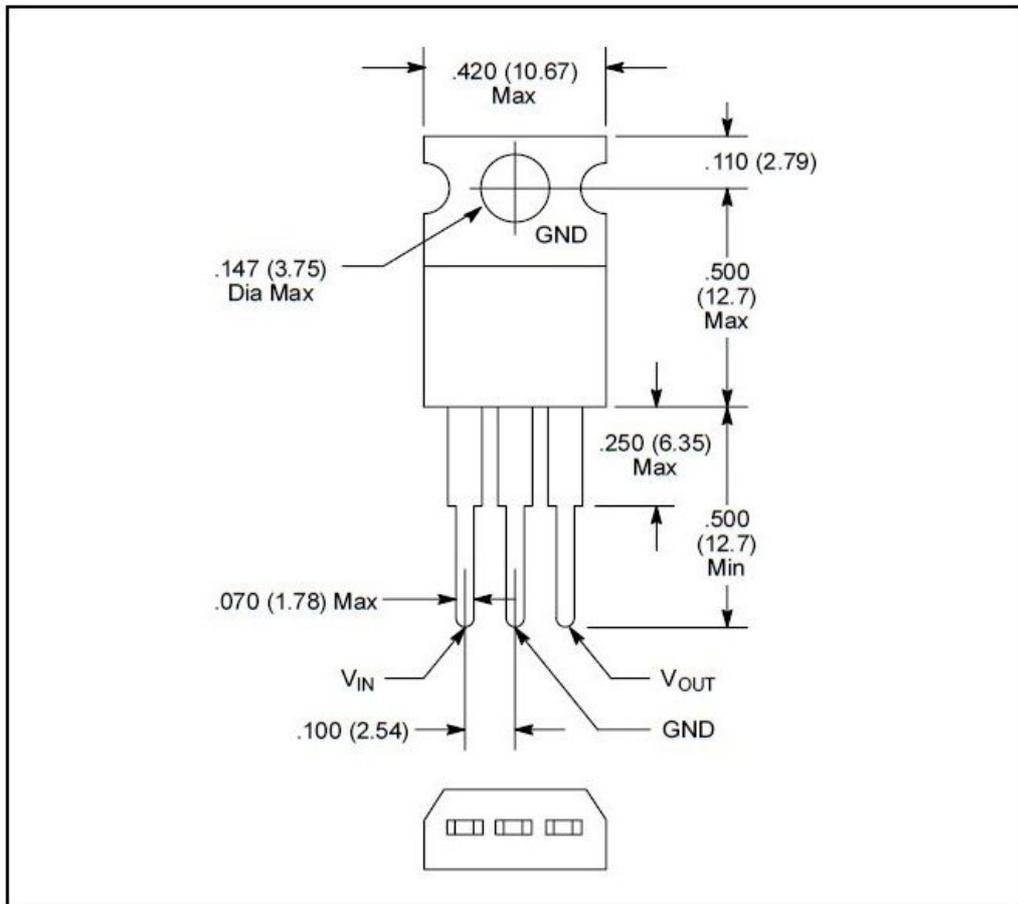
Input Voltage, V_i -0.5 to 40V
 Output Current, I_O Internally Limited
 Power Dissipation, P_{tot} Internally Limited
 Operating Junction Temperature Range, T_{opr} -40° to +125°C
 Storage Temperature Range, T_{stg} -40° to +150°C
 Thermal Resistance, Junction-to-Case, R_{thJC} 3°C/W
 Thermal Resistance, Junction-to-Ambient, R_{thJA} 50°C/W

Electrical Characteristics: ($T_J = +25^\circ\text{C}$, $C_i = 0.1\mu\text{F}$, $C_o = 2.2\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Output Voltage	V_O	$I_O = 50\text{mA}$, $V_i = 5.3\text{V}$	3.234	3.3	3.366	V
		$-25^\circ < T_A < +85^\circ\text{C}$	3.168	-	3.432	V
Operating Input Voltage	V_i	$I_O = 500\text{mA}$	-	-	16	V
Output Current Limit	I_{out}		-	1	-	A
Line Regulation	Reg_{line}	$V_i = 4.3\text{V to } 16\text{V}$, $I_O = 5\text{mA}$	-	2	12	mV
Load Regulation	Reg_{load}	$V_i = 4.6\text{V}$, $I_O = 5\text{mA to } 500\text{mA}$	-	2	10	mV
Quiescent Current ON Mode	I_d	$V_i = 4.3\text{V to } 16\text{V}$, $I_O = 0\text{mA}$	-	0.5	1.0	mA
		$V_i = 4.6\text{V to } 16\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	-	-	12	mA
		$V_i = 6\text{V}$	-	50	100	μA
OFF Mode						

Electrical Characteristics (Cont'd): ($T_J = +25^\circ\text{C}$, $C_i = 0.1\mu\text{F}$, $C_o = 2.2\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Supply Voltage Rejection	SVR	$I_O = 5\text{mA}$, $V_i = 5.3\text{V} \pm 1\text{V}$	$f = 120\text{Hz}$	-	80	-	dB
			$f = 1\text{kHz}$	-	75	-	dB
			$f = 10\text{kHz}$	-	60	-	dB
Output Noise Voltage	e_N	$B = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$	-	50	-	μV	
Dropout Voltage	V_d	$I_O = 200\text{mA}$	-	0.2	0.35	V	
		$I_O = 500\text{mA}$	-	0.4	0.7	V	
Control Input Logic, Low	V_{ll}	$-40^\circ < T_A < +125^\circ\text{C}$	-	-	0.8	V	
Control Input Logic, High	V_{lh}		2	-	-	V	
Control Input Current	I_i	$V_i = 6\text{V}$, $V_c = 6\text{V}$	-	10	-	μA	
Output Bypass Capacitance	C_O	$\text{ESR} = 0.1\Omega \text{ to } 10\Omega$, $I_O = 0 \text{ to } 500\text{mA}$	2	10	-	μF	



Anexo B.7 Hoja de datos 1N4448

High-speed diodes

1N4148; 1N4448

FEATURES

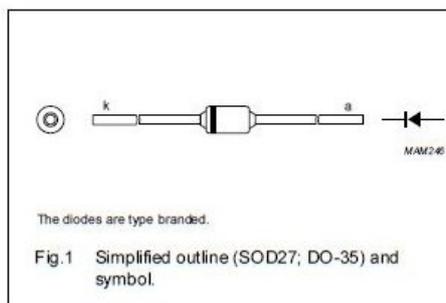
- Hermetically sealed leaded glass SOD27 (DO-35) package
- High switching speed: max. 4 ns
- General application
- Continuous reverse voltage: max. 100 V
- Repetitive peak reverse voltage: max. 100 V
- Repetitive peak forward current: max. 450 mA.

APPLICATIONS

- High-speed switching.

DESCRIPTION

The 1N4148 and 1N4448 are high-speed switching diodes fabricated in planar technology, and encapsulated in hermetically sealed leaded glass SOD27 (DO-35) packages.



MARKING

TYPE NUMBER	MARKING CODE
1N4148	1N4148PH or 4148PH
1N4448	1N4448

ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
1N4148	–	hermetically sealed glass package; axial leaded; 2 leads	SOD27
1N4448			

High-speed diodes

1N4148; 1N4448

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V _{RRM}	repetitive peak reverse voltage		–	100	V
V _R	continuous reverse voltage		–	100	V
I _F	continuous forward current	see Fig.2; note 1	–	200	mA
I _{FRM}	repetitive peak forward current		–	450	mA
I _{FSM}	non-repetitive peak forward current	square wave; T _j = 25 °C prior to surge; see Fig.4			
		t = 1 μs	–	4	A
		t = 1 ms	–	1	A
		t = 1 s	–	0.5	A
P _{tot}	total power dissipation	T _{amb} = 25 °C; note 1	–	500	mW
T _{stg}	storage temperature		–65	+200	°C
T _j	junction temperature		–	200	°C

Note

- Device mounted on an FR4 printed-circuit board; lead length 10 mm.

ELECTRICAL CHARACTERISTICST_j = 25 °C unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V _F	forward voltage 1N4148 1N4448	see Fig.3			
		I _F = 10 mA	–	1	V
		I _F = 5 mA	0.62	0.72	V
		I _F = 100 mA	–	1	V
I _R	reverse current	V _R = 20 V; see Fig.5		25	nA
		V _R = 20 V; T _j = 150 °C; see Fig.5	–	50	μA
I _R	reverse current; 1N4448	V _R = 20 V; T _j = 100 °C; see Fig.5	–	3	μA
C _d	diode capacitance	f = 1 MHz; V _R = 0 V; see Fig.6	–	4	pF
t _{rr}	reverse recovery time	when switched from I _F = 10 mA to I _R = 60 mA; R _L = 100 Ω; measured at I _R = 1 mA; see Fig.7	–	4	ns
V _{fr}	forward recovery voltage	when switched from I _F = 50 mA; t _r = 20 ns; see Fig.8	–	2.5	V

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
R _{th(j-p)}	thermal resistance from junction to tie-point	lead length 10 mm	240	K/W
R _{th(j-a)}	thermal resistance from junction to ambient	lead length 10 mm; note 1	350	K/W

Note

- Device mounted on a printed-circuit board without metallization pad.



TDS 210, TDS 220, TDS 224 Osciloscopios Digitales en Tiempo Real



CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

60 MHz o 100 MHz con una
velocidad de muestreo de 1 GS/s en
todos los canales

Doble base de tiempos

Medidas automáticas

Interfaz de usuario en diferentes
idiomas

Ajuste automático (Autoset)

Memoria de configuración y formas
de onda

Se pueden ampliar las capacidades
del osciloscopio mediante módulos
opcionales, programas y accesorios
de sondas

El osciloscopio de memoria digital más popular de Tektronix

Los osciloscopios TDS 200 se han convertido rápidamente en el equipo de referencia cuando se habla de osciloscopios de bajo coste. Este instrumento incluye una insuperable combinación de prestaciones, fiabilidad y versatilidad. La serie TDS 200 proporciona las ventajas de los osciloscopios digitales en tiempo real, a un precio tan reducido como el de los osciloscopios analógicos. Con la aparición del modelo TDS 224, Tektronix ofrece las prestaciones de los osciloscopios digitales TDS 200 a los usuarios que requieren equipos de cuatro canales con todas las prestaciones.

Prestaciones digitales a su alcance

Ningún otro osciloscopio digital ofrece tanto ancho de banda y velocidad de muestreo a este precio. Con velocidades de muestreo de 10 y 16 veces el ancho de banda en todos los canales simultáneamente, la serie TDS 200 consigue una

adquisición precisa y en tiempo real en todo el ancho de banda del osciloscopio.

Versatilidad y flexibilidad

Al ser un equipo cuyo tamaño lo convierte en portátil se incrementa su versatilidad, permitiendo llevarlo de un sitio a otro con facilidad o guardarlo en cualquier sitio cuando no se vaya a usar.

Facilidad de uso

La interfaz de usuario es similar a la de los osciloscopios analógicos, pero incluye mejoras que reducen el tiempo de aprendizaje e incrementan la eficiencia.

El osciloscopio personal

La serie de osciloscopios TDS 200 está diseñada para aquellos que exigen lo último en osciloscopios. Si precisa un osciloscopio a precio accesible pero de altas prestaciones para usar en el lugar de trabajo, la línea de producción o el aula de formación, la serie TDS 200 de osciloscopios digitales es la mejor elección.

APLICACIONES

Diseño/depuración

Mantenimiento y reparación

Pruebas de fabricación y control de
calidad

Educación/Formación

Características de la serie TDS 200

SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE SEÑALES

Ancho de banda – TDS 210: 60MHz, TDS 220: 100MHz, TDS 224: 100MHz.
Velocidad de muestreo – 1 GS/s en cada canal.
Canales – TDS 210 y TDS 220: 2 canales idénticos más display externo, TDS 224: 4 canales idénticos.
Sensibilidad (Con ajuste fino calibrado) – 2 mV a 5 V/div (ancho de banda limitado a 20 MHz a 2 mV/div y 5 mV/div, en todos los modos, y 20 MHz a 10 mV/div en modo de detección de picos).
Magnificación vertical – Comprime o expande verticalmente una onda en vivo o memorizada.

RANGO DE POSICIONES CALIBRADAS

Ajuste de voltios/div	Rango de desplazamiento
2 mV a 200 mV/div	±2 V
>200 mV a 5 V/div	±50 V

Precisión de la ganancia de CC – ± 3%, (± 4% a 2 mV/div y 5 mV/div)
Resolución vertical – 8 bits (256 niveles sobre 10. 24 divisiones verticales).

MEDIDAS AUTOMÁTICAS

Periodo, Frecuencia, Ciclo RMS, Media, Pico a pico.

MODOS DE ADQUISICIÓN

Muestra, Promediado, Detección de picos – Captura de transitorios aleatorios y de alta frecuencia de hasta 10 ns mediante circuitería especial de adquisición que trabaja en todas las velocidades de barrido entre 5 µs/div y 5 s/div.

BASE DE TIEMPOS (PRINCIPAL Y VENTANA)

Magnificación horizontal – Comprime o expande horizontalmente una onda en vivo o memorizada.
Rangos de Tiempo/División – 5 ns a 5 s/div.
Longitud de registro – 2.500 puntos de muestra por canal.
Precisión horizontal – ± 0,01%.

MEMORIA NO VOLÁTIL

Presentación de ondas – Dos ondas de referencia de 2.500 puntos.
Almacenamiento de formas de onda – Dos ondas de referencia de 2.500 puntos (TDS 210, TDS 220), cuatro ondas de referencia de 2.500 puntos (TDS 224).
Configuraciones – 5 configuraciones del panel frontal.

SISTEMA DE DISPARO (SOLO EL PRINCIPAL)

Tipos de disparo – Flanco (subida o bajada), Video, al 50%.
Tipos de disparo de video – Disparo en campos o líneas de video compuesto con sincronismo negativo; disparo en señales de video estándar según las normas NTSC, PAL o SECAM.
Modos de disparo – Auto, Normal, Barrido único.
Fuentes de disparo – TDS 210 y TDS 220: CH1, CH2, Ext, Ext.5, TDS 224: CH1, CH2, CH3, CH4
Visualización del disparo – Visualiza la señal de disparo mientras se pulsa el botón

CURSORES

Tipos – Voltaje, Tiempo.
Medidas – ΔT , $1/\Delta T$, ΔV

PROCESAMIENTO DE FORMAS DE ONDA

Operadores aritméticos – Suma, Resta.
Fuentes – CH1±CH2, CH3±CH4
Ajuste automático (Autoset) – Pulsando un solo botón se efectúa un ajuste automático de los parámetros vertical, horizontal y disparo de la señal de entrada seleccionada.

SISTEMA DE VISUALIZACIÓN

Robusta pantalla LCD retroiluminada, con ajuste de contraste de varios niveles.
Interpolación – Sin(x)/x.
Modos – Vectores, Puntos, Persistencia de puntos.
Formato – YT y XY.

COPIAS IMPRESAS

Formatos de impresora/fichero – Thinkjet, Deskjet, Laserjet, Epson (9 o 24 agujas), BMP, PCX, IMG, EPS, DPU 411, DPU 412.
Posición de la copia impresa – Horizontal o vertical.

MÓDULO DE EXPANSIÓN PARA COMUNICACIONES TDS2CM

Puerto paralelo tipo Centronics
Puerto RS-232 programable – Modos de habla/escucha completos. Control de todos los modos, ajustes y medidas. Velocidad de transmisión de hasta 19.200 baudios. 9 pines, DTE.
Puerto GPIB programable – Modos de habla/escucha completos. Control de todos los modos, ajustes y medidas (IEEE Estándar 488-1987).

MÓDULO DE EXPANSIÓN DE MEDIDAS TDS2MM

FFT – Ventanas: Hanning, Plana superior, Rectangular.
Puntos de muestreo: 2.048
Medidas automáticas – Tiempos de subida/bajada, Ancho de pulso positivo/negativo.
Interfaz – Centronics, RS-232, GPIB.

MEDIOAMBIENTE Y SEGURIDAD

Temperatura – 0 °C a +50 °C (funcionamiento), -20 °C a +60 °C (almacenamiento).
Humedad – El 90% de humedad relativa hasta o por debajo de +40 °C o menos; El 60% de humedad relativa desde 41 °C a 50 °C (funcionamiento y almacenamiento).
Altitud – Hasta 2.000 m (funcionamiento).
Emisiones electromagnéticas – Cumple la norma 89/336/EEC de compatibilidad electromagnética Código FCC de regulaciones federales, 47 CFR, Parte 15, Subparte B, Clase A
Seguridad – UL 3111, EN61010, CAN/CSA-C22.2 N.º 1010.1-92.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Dimensiones	mm
Ancho	304,8
Alto	151,4
Profundidad	120,7
Peso	kg
Osciloscopio solo	1,5
Con accesorios	1,7

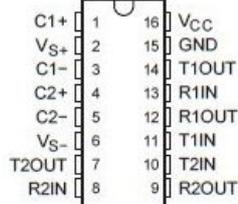
Anexo B.9 Hoja de datos MAX232

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047L - FEBRUARY 1989 - REVISED MARCH 2004

- Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operates From a Single 5-V Power Supply With 1.0- μ F Charge-Pump Capacitors
- Operates Up To 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- \pm 30-V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- ESD Protection Exceeds JESD 22 - 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Upgrade With Improved ESD (15-kV HBM) and 0.1- μ F Charge-Pump Capacitors is Available With the MAX202
- Applications
 - TIA/EIA-232-F, Battery-Powered Systems, Terminals, Modems, and Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply TIA/EIA-232-F voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts TIA/EIA-232-F inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V, a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept \pm 30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into TIA/EIA-232-F levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING	
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232N	MAX232N	
		Tube of 40	MAX232D	MAX232	
	SOIC (D)	Reel of 2500	MAX232DR		
		SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232DW	MAX232
			Reel of 2000	MAX232DWR	
SOP (NS)	Reel of 2000	MAX232NSR	MAX232		
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232IN	MAX232IN	
		Tube of 40	MAX232ID	MAX232I	
	SOIC (D)	Reel of 2500	MAX232IDR		
		SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232IDW	MAX232I
			Reel of 2000	MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

PRODUCTION DATA Information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

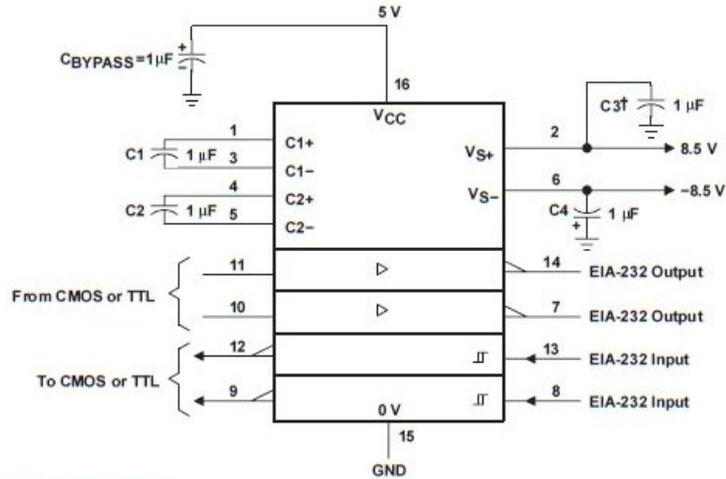
Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated

1

MAX232, MAX232I
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047L - FEBRUARY 1989 - REVISED MARCH 2004

APPLICATION INFORMATION



† C3 can be connected to V_{CC} or GND.

NOTES: A. Resistor values shown are nominal.

B. Nonpolarized ceramic capacitors are acceptable. If polarized tantalum or electrolytic capacitors are used, they should be connected as shown. In addition to the 1-μF capacitors shown, the MAX202 can operate with 0.1-μF capacitors.

Figure 4. Typical Operating Circuit



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Anexo B.10 Hoja de datos NE555



NA555, NE555, SA555, SE555

www.ti.com

SLFS022H – SEPTEMBER 1973 – REVISED JUNE 2010

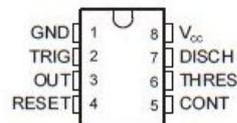
PRECISION TIMERS

Check for Samples: NA555, NE555, SA555, SE555

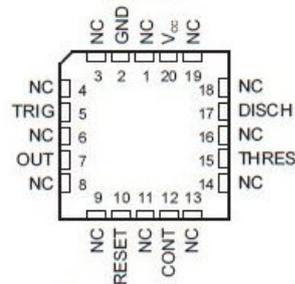
FEATURES

- Timing From Microseconds to Hours
- Astable or Monostable Operation
- Adjustable Duty Cycle
- TTL-Compatible Output Can Sink or Source up to 200 mA

NA555...D OR P PACKAGE
NE555...D, P, PS, OR PW PACKAGE
SA555...D OR P PACKAGE
SE555...D, JG, OR P PACKAGE
(TOP VIEW)



SE555...FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC – No internal connection

DESCRIPTION/ORDERING INFORMATION

These devices are precision timing circuits capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time-delay or monostable mode of operation, the timed interval is controlled by a single external resistor and capacitor network. In the astable mode of operation, the frequency and duty cycle can be controlled independently with two external resistors and a single external capacitor.

The threshold and trigger levels normally are two-thirds and one-third, respectively, of V_{CC} . These levels can be altered by use of the control-voltage terminal. When the trigger input falls below the trigger level, the flip-flop is set, and the output goes high. If the trigger input is above the trigger level and the threshold input is above the threshold level, the flip-flop is reset and the output is low. The reset (RESET) input can override all other inputs and can be used to initiate a new timing cycle. When RESET goes low, the flip-flop is reset, and the output goes low. When the output is low, a low-impedance path is provided between discharge (DISCH) and ground.

The output circuit is capable of sinking or sourcing current up to 200 mA. Operation is specified for supplies of 5 V to 15 V. With a 5-V supply, output levels are compatible with TTL inputs.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1973–2010, Texas Instruments Incorporated. On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

ORDERING INFORMATION⁽¹⁾

T _A	V _{THRES} MAX V _{CC} = 15 V	PACKAGE ⁽²⁾		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	11.2 V	PDIP – P	Tube of 50	NE555P	NE555P
		SOIC – D	Tube of 75	NE555D	NE555
			Reel of 2500	NE555DR	
		SOP – PS	Reel of 2000	NE555PSR	N555
		TSSOP – PW	Tube of 150	NE555PW	N555
Reel of 2000	NE555PWR				
–40°C to 85°C	11.2 V	PDIP – P	Tube of 50	SA555P	SA555P
		SOIC – D	Tube of 75	SA555D	SA555
			Reel of 2000	SA555DR	
–40°C to 105°C	11.2 V	PDIP – P	Tube of 50	NA555P	NA555P
		SOIC – D	Tube of 75	NA555D	NA555
			Reel of 2000	NA555DR	
–55°C to 125°C	10.6	PDIP – P	Tube of 50	SE555P	SE555P
		SOIC – D	Tube of 75	SE555D	SE555D
			Reel of 2500	SE555DR	
		CDIP – JG	Tube of 50	SE555JG	SE555JG
LCCC – FK	Tube of 55	SE555FK	SE555FK		

- (1) For the most current package and ordering information, see the Package Option Addendum at the end of this document, or see the TI web site at www.ti.com.
- (2) Package drawings, thermal data, and symbolization are available at www.ti.com/packaging.

Table 1. FUNCTION TABLE

RESET	TRIGGER VOLTAGE ⁽¹⁾	THRESHOLD VOLTAGE ⁽¹⁾	OUTPUT	DISCHARGE SWITCH
Low	Irrelevant	Irrelevant	Low	On
High	<1/3 V _{CC}	Irrelevant	High	Off
High	>1/3 V _{CC}	>2/3 V _{CC}	Low	On
High	>1/3 V _{CC}	<2/3 V _{CC}	As previously established	

- (1) Voltage levels shown are nominal.

Anexo B.11 Otros equipos sin disponibilidad de hojas de datos

Fuente de alimentación eléctrica	King Instrument Electronics C. LTD Dual DC Power Supply Modelo: DPS-1303DF 30V 3A
Multímetro	King Instrument Electronics C. LTD Digital Multimeter Modelo: DM-6804B
Generador de señales	King Instrument Electronics C. LTD Digital Sweep Function Generator Modelo: FG-2512B

Industrias Elegantes S.A.

Departamento de producción

**Sistema especializado de monitoreo y
control de producción**

Manual de Usuario

Bernhard Silesky Hernández

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electrónica





Consideraciones generales de los dispositivos

Tensión de alimentación	5 V
Espacio entre sensores	21 mm
Area de cobertura máxima recomendada	
• en línea vista	100 metros
• con obstáculos	60 metros



Instalación del dispositivo remoto

Previo a conectar el dispositivo remoto debe asegurarse que la placa giratoria instalada en la máquina pase entre el espacio de los sensores y nunca haga contacto con de dispositivo. Posteriormente conecte el dispositivo remoto a la alimentación eléctrica.



Instalación del dispositivo base

Previo a conectar el dispositivo base debe instalar el driver del cable USB-RS232 que viene al final de este manual. Terminada la instalación conecte la terminal del cable serie al dispositivo base, luego la terminal USB a la computadora. Posteriormente conecte el dispositivo base a la alimentación eléctrica. Ejecute el programa de monitoreo y control de producción.



Manual de usuario del programa

Al ejecutar el programa de monitoreo y control de producción se abrirá la ventana para acceder al sistema. En esta ventana encontrará dos botones:

Aceptar: para ingresar al programa y abrir la ventana principal del programa.

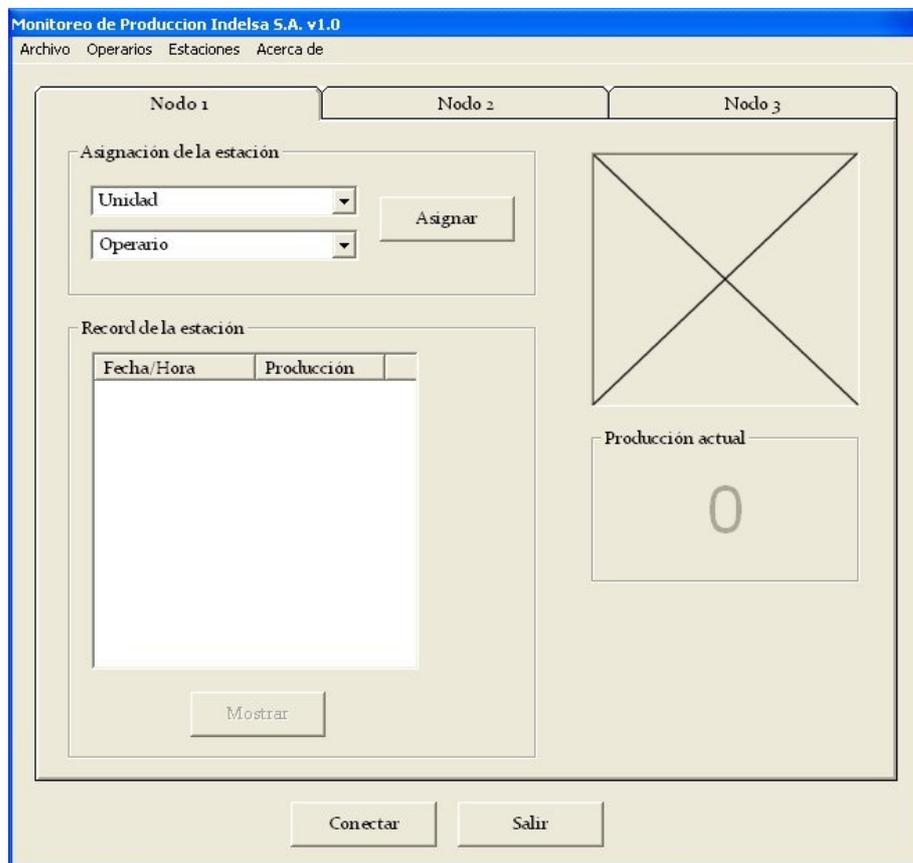
Salir: cerrar el programa.





Ventana principal

La ventana principal del programa cuenta con un menú principal y tres pestañas para los tres dispositivos remotos llamados nodos.



Monitoreo de Produccion Indelsa S.A. v1.0
Archivo Operarios Estaciones Acerca de

Nodo 1 Nodo 2 Nodo 3

Asignación de la estación

Unidad Asignar

Operario

Record de la estación

Fecha/Hora	Producción
------------	------------

Mostrar

Producción actual

0

Conectar Salir

El menú principal tiene opciones para ingresar nuevos operarios y estaciones o máquinas en el sistema, visualizar el record de operaciones de las estaciones o máquinas y operarios en la línea de producción. También información general sobre el sistema completo.

Cada pestaña de los nodos tiene la misma información. Asignación de la estación, Record de la estación, fotografía del operario y Producción actual. A continuación se explica su funcionamiento.

Luego de haber conectado el nodo base y el o los nodos remotos necesarios se presiona el botón Conectar. Ellos hace que se habiliten las asignaciones de las estaciones en donde se puede asignar las máquinas de la línea de producción a operarios específicos.

Tras haber seleccionado la unidad y el operario en un nodo en específico se presiona el botón Asignar. Este botón habilita la visualización de la fotografía del operario que está laborando en la unidad, el record de la estación y la producción actual.

Producción actual muestra las piezas producidas por la estación en tiempo real y almacena cada veinte minutos una muestra de la producción. Estas muestras almacenadas pueden verse en Record de la estación.

Recuerde que se almacenan datos cada veinte minutos por lo que al cabo de un día laboral de ocho horas se esperaría tener entre 18 y 20 muestras almacenadas. También que deben haber unidades y operarios registrados en el sistema, ello puede hacerlo desde el menú principal.

A continuación se presentan cada una de las opciones del menú principal.



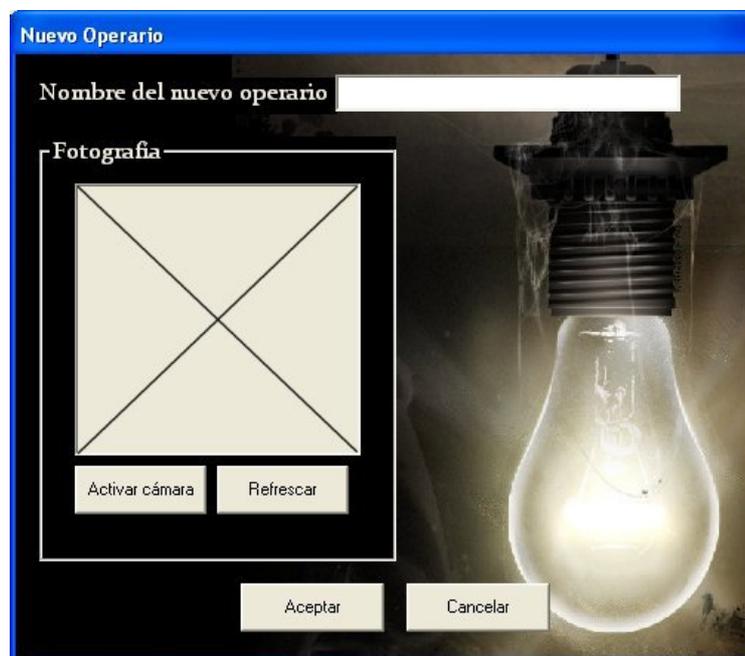


Nuevo operario

Esta es una de las opciones del menú principal. En ella se puede registrar operarios en el sistema para lo cual es necesario ingresar el nombre y tener una cámara conectada a la computadora para poder capturar una fotografía del operario.

En caso que la fotografía no quede bien puede presionar el botón refrescar y volver a capturar la imagen.

Al tener ambos datos, nombre y fotografía puede presionar Aceptar para registrar el operario o Cancelar para regresar a la ventana principal del programa.



The screenshot shows a software window titled "Nuevo Operario". It contains a text input field labeled "Nombre del nuevo operario" which is currently empty. Below this is a section labeled "Fotografia" containing a square area with a large 'X' over it, indicating a missing image. Underneath the 'Fotografia' section are two buttons: "Activar cámara" and "Refrescar". At the bottom of the window are two more buttons: "Aceptar" and "Cancelar". The background of the window features a glowing lightbulb.



Record de operarios

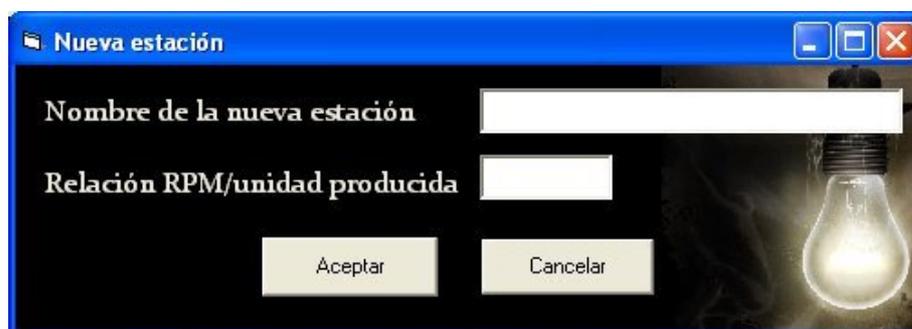
La función principal de esta ventana es poder visualizar el registro de operaciones de cada uno de los operarios registrados en el sistema y poder acceder a las muestras almacenadas de sus datos de producción, estación asignada y fecha. También es posible visualizar anotaciones sobre información importante que se quiera registrar en un momento dado.

Para poder acceder a toda esta información es necesario escoger el operario del menú desplegable de esta ventana y seleccionar la fecha que se quiere visualizar para desplegar toda la información de producción y anotaciones. En ese momento se mostrará la fotografía del operario consultado. Es posible desplegar todo el registro de operaciones seleccionando el operario del menú desplegable y presionar el botón Mostrar totalidad.

En el caso de las anotaciones, es posible agregar, borrar una o todas las anotaciones en cualquier momento en el área de Anotaciones sobre el operario. También es posible eliminar el operario del sistema.



Al tener ambos datos, nombre de la estación y relación RPM/unidad producida puede presionar Aceptar para registrar la unidad o Cancelar para regresar a la ventana principal del programa.



Record de la estación

En esta ventana es poder visualizar el registro de operaciones de cada estación registrada en el sistema y poder acceder a las muestras almacenadas de sus datos de producción, operario que trabajó en esa estación y fecha. También es posible visualizar anotaciones sobre información importante que se quiera registrar en un momento dado.

Para poder acceder a toda esta información es necesario escoger la estación del menú desplegable de esta ventana y seleccionar la fecha que se quiere visualizar para desplegar toda la información de producción y anotaciones. Es posible





Descripción del software

Esta opción del menú principal permite ver información general del proyecto y su realización.

Descripción



Software Monitoreo de Producción Indelsa

Aplicación creada como proyecto graduación de carrera como requisito para la obtención del título Licenciatura en Ingeniería en Electrónica en el Instituto Tecnológico de Costa Rica

Autor: Bernhard Silesky Hernández
Asesor de proyecto: Ing. Nestor Hernández H.
2011 San José

Aceptar