

Implementación de Comunicación Bluetooth con la Unidad Correctora Mercury-Mini Max  
para la Adquisición de Datos en la Compañía Vanti Gas Natural

Joan Sebastian Murcia Henao y Daniel Alberto De los Ríos Núñez

Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central

Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central

Especialización Técnica

Bogotá D.C.

2019

Implementación de Comunicación Bluetooth con la Unidad Correctora Mercury-Mini  
Max para la Adquisición de Datos en la Compañía Vanti Gas Natural

Joan Sebastian Murcia Henao y Daniel Alberto De los Ríos Núñez

Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central

Trabajo de Grado para optar al título de  
Especialista Técnico en Instrumentación Industrial

Asesor

Carlos Eduardo Prieto Cerón

Ingeniero Electrónico

Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central

Especialización Técnica

Bogotá D.C.

2019

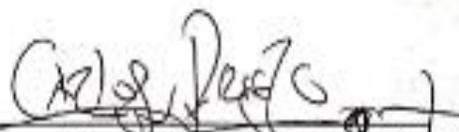
NOTA DE ACEPTACIÓN

Aprobado Jurado 1

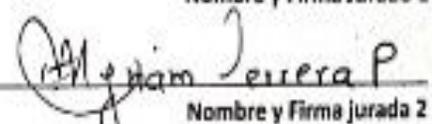
Aprobado Jurado 2

APROBADO PRESIDENTE DE JURADO

---

  
Nombre y Firma Presidente de Jurados  
CARLOS E. PRIETO C.

Holman Piñeros Herrera  
Nombre y Firma Jurado 1

  
Nombre y Firma jurada 2

Myriam Herrera Paloma

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos expresar nuestro agradecimiento a los profesores Hollman Piñeros y Carlos Prieto quienes nos orientaron con la realización de este proyecto, sus ideas y recomendaciones que nos ha facilitado el desarrollo del proyecto de grado.

Así mismo, agradecemos a los profesores que nos acompañaron durante toda la especialización, por sus enseñanzas y paciencia en el momento de impartir las clases y brindarnos de sus conocimientos en cada una de las materias que cursamos.

Agradecemos a nuestras familias por su apoyo moral, su comprensión, su paciencia y solidaridad durante el desarrollo del proyecto, por acompañarnos en cada etapa hasta lograr los objetivos propuestos.

Por último, queremos agradecer a nuestros compañeros, quienes nos acompañaron durante el transcurso de la Especialización y nos brindaron su apoyo y solidaridad, y que ayudaron a cumplir los objetivos que nos habíamos propuesto al iniciar con estos estudios.

A todos ellos, muchas gracias.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
OBJETIVO GENERAL.....	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
JUSTIFICACIÓN .....	15
MARCO TEÓRICO .....	15
Estaciones de Regulación y Medición de Gas .....	15
Unidad Correctora Mercury-Mini Max .....	17
Red Bluetooth .....	18
Placa Arduino .....	19
ALCANCE.....	21
ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA.....	21
ANTECEDENTES .....	25
DESARROLLO .....	27
SEUDOCÓDIGO.....	30
PROPUESTA.....	31
PROCEDIMIENTO PROPUESTO.....	32

ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	34
CONCLUSIONES .....	35
BIBLIOGRAFÍA .....	37

## LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Riesgos de cada Tarea para el Ingreso a las ERM.....	13
Tabla 2. Clases de Dispositivos de Bluetooth.....	19
Tabla 3. Tiempos de Adquisición de datos y de la Actividad Global. ....	35

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

Fig. 1. Componentes Principales del Sistema de Medición. ....	17
Fig. 2. Unidad Correctora Mercury-Mini Max.....	18
Fig. 3. Modulo Bluetooth HC05.....	19
Fig. 4. Placa tipo Arduino UNO.....	20
Fig. 5. Verificación de Atmosferas para garantizar el ingreso Seguro a la Estación .....	22
Fig. 6. Diagrama de Flujo del Proceso Actual para Descarga de Registros Históricos en la ERM. Parte 1 .....	23
Fig. 7. Diagrama de Flujo del Proceso Actual para Descarga de Registros Históricos en la ERM. Parte 2. ....	24
Fig. 8. Diagrama de Flujo de los Pasos a seguir para el Desarrollo del Proyecto. Parte 1...	28
Fig. 9. Diagrama de Flujo de los Pasos a seguir para el Desarrollo del Proyecto. Parte 2...	29
Fig. 10. Modelo de Conexión entre los Módulos Bluetooth Maestro y Esclavo.....	30
Fig. 11. Configuración de la Conexión Tarjeta Arduino con Modulo Bluetooth HC-05.....	31
Fig. 12. Implementación Modulo Bluetooth en la Unidad Correctora Mercury-Mini Max.	32
Fig. 13. Diagrama de Flujo Procedimiento Propuesto para la Reducción de Tiempos.....	34

## LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN .....	39
ANEXO B. TABLA DE DESCRIPCIÓN DE CÓDIGOS AT .....	40
ANEXO C. FICHA TÉCNICA ARDUINO UNO .....	41
ANEXO D. FICHA TÉCNICA MODULO BLUETOOTH HC-05 .....	44

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto es el plantear un procedimiento para el desarrollo de la actividad de descarga de registros históricos para la Unidad Correctora Mercury-Mini Max, equipo que pertenece a la empresa Vanti Gas Natural, proponiendo un método alternativo de comunicación mediante una red inalámbrica bluetooth entre el computador y la Unidad Correctora, el cual permita reducir el tiempo del procedimiento actual en un 40%. Hoy en día para desarrollar esta actividad se debe realizar el ingreso a las instalaciones tipo bunker de las Estaciones de regulación y medición (ERM), por lo que se deben seguir unos protocolos de seguridad que incrementan el número de tareas y tiempo para la adquisición de los datos históricos que registra la Unidad Correctora. El objetivo nace al buscar una opción de realizar la actividad de manera que se reduzca el tiempo total de la actividad y se mitiguen los riesgos asociados que conllevan el desarrollo de ésta. En el trabajo se presenta como lograr la comunicación mediante la red bluetooth entre los dispositivos y el procedimiento para el desarrollo de la actividad al implementar este método de comunicación. Se concluye que al realizar la actividad siguiendo el procedimiento y efectuando la comunicación mediante la red inalámbrica bluetooth, se logra reducir el tiempo total invertido en el desarrollo de la actividad en un 48% cumpliendo con el objetivo planteado.

***Palabras Calve:*** Comunicación Bluetooth, Procedimiento, Unidad Correctora, Gas Natural, Red Inalámbrica.

## ABSTRACT

The objective of this project is to propose a procedure for the development of the activity of downloading historical records for the Mercury-Mini Max Correction Unit property of the company Vanti Natural Gas, proposing an alternative method of communication through a bluetooth wireless network between the computer and the Correction Unit, the which allows to reduce the time of the current procedure by 40%. Actually, to develop this activity, to get into the bunker-type facilities of the Regulation and Measurement Stations (ERM) must be carried out, which is why safety protocols must be followed to increase the number of tasks and time for the acquisition of the historical data recorded by the Correction Unit. The objective arises when looking for an option to carry out the activity in such a way that the total time of the activity is reduced and the associated risks that entail the development of the activity are mitigated. The paper presents how to accomplish communication through the bluetooth network between the devices and the procedure for the development of the activity when implementing this method of communication. It is concluded that when carrying out the activity following the procedure and carrying out the communication through the bluetooth wireless network, the total time dedicated in the development of the activity is reduced by 48% fulfilling the stated objective.

**Keywords:** Bluetooth Communication, Procedure, Correction Unit, Natural Gas, Wireless Network

## INTRODUCCIÓN

El gas natural es hoy en día una fuente de energía que es transportada bajo el suelo de la mayor parte de las ciudades del mundo civilizado; aporta comodidad doméstica y provee a la industria de la energía que necesita. El gas natural que ahora llamamos "la energía del futuro" es conocido por la humanidad hace miles de años. Los hombres primitivos observaban las llamaradas que se producían en los pantanos cuando caía un rayo. Desde entonces, el tercer estado de la materia, el gaseoso, no ha dejado de inspirar curiosidad y temor, por lo misterioso e intangible de su naturaleza.[8]

El gas natural es distribuido a través de una red de tuberías (de material de acero y polietileno) desde las estaciones de regulación y medición (ERM); en esta se reduce la presión para la distribución del gas, se mide el gas que pasa por la estación para tener un control de la cantidad que se va a suministrar y se le agrega un olor artificial al gas natural mediante un químico llamado mercaptano para que pueda ser detectado por el olfato. Luego el gas es distribuido a través de una red de tuberías hasta las industrias, comercios, estaciones de servicio y hogares.

Para realizar el control y monitoreo de las variables que influyen en el funcionamiento de una ERM, existe una comunicación entre la Estación y el Centro de Control (Encargado de monitorear el funcionamiento de las ERM), la cual se logra mediante una red de comunicaciones. El funcionamiento de una red (red de comunicaciones), por más simple que parezca, es un proceso complejo. Las comunicaciones que fluyen naturalmente entre los equipos conectados dependen de cientos (o miles) de factores clave, que deben ponerse a punto al máximo detalle para lograr una comunicación exitosa. Los factores más importantes que deben cubrir una correcta administración de red son (en orden de prioridad) la funcionalidad, seguridad y rapidez (FSR). [11]

Una red debe ser funcional. O sea que debe funcionar, sino no tiene razón de existir. Por eso, la principal función dentro de la administración de una red debe ser justamente asegurarse y preservar que la red funcione. Consecuentemente, una red debe ser segura. Es decir, debe cumplir con las necesidades básicas de seguridad para el entorno y la información que maneja. Estos niveles de seguridad son relativos y variables, y deben ser medidos y administrados previamente. Es muy importante asegurarse que estos niveles de seguridad no interfieran con la

estabilidad y funcionabilidad de la red. Por último, una red funcional y segura debe trabajar de manera rápida. Esto significa que se deberán implementar las herramientas necesarias para que la información fluya lo más rápidamente posible, siempre y cuando esta rapidez no disminuye los niveles de seguridad y funcionalidad de la red, previamente establecidos. [11]

Una correcta implementación y administración de la red podría ocasionar graves riesgos a la confidencialidad, integridad y disponibilidad de una red, llamada triada CIA por sus siglas en inglés. Estos son los factores en donde se pueden catalogar todos los riesgos que se encuentran en todo sistema informático. Confidencialidad expresa el principio de una preservación del acceso a la información y recursos únicamente por los entes autorizados y mediante los métodos autorizados. Integridad significa que la modificación de dicha información o recursos se realiza únicamente por los entes autorizados y mediante los métodos autorizados. Disponibilidad es el concepto que define el hecho de mantener los recursos y la información en cuestión, disponibles siempre que sean necesarios.[11]

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El procedimiento actual de la compañía Vanti Gas Natural para realizar la descarga de registros históricos conlleva mucho tiempo debido a las actividades complementarias a esta labor para realizar ingreso a la instalación de las ERM tipo Bunker, que se encuentran en la ciudad de Bogotá, Colombia.

*Tabla 1. Riesgos de cada Tarea para el Ingreso a las ERM*

<b>Tarea</b>	<b>Riesgo</b>
Señalización Área de Trabajo.	Riesgo Mecánico y Biológico: Caídas sobre mismo nivel, contacto con elementos en descomposición.
Traslado y Ensamble Equipo de Rescate.	Riesgo Mecánico y Físico: Malas posturas, Golpes, Caídas sobre mismo nivel.
Verificación e Instalación de Arnés.	Riesgo Mecánico: Malas posturas
Verificación equipos Autocontenido	Riesgo Físico: Golpes, Proyecciones.
Medición y Verificación de Atmosfera ERM.	Riesgo Físico: Intoxicación, Explosión, Caídas diferente nivel.
Ingreso a la Instalación de la ERM.	Riesgo Físico: Golpes, Caídas diferente nivel.

El ingreso a este tipo de locaciones genera una serie de riesgos para los colaboradores. La compañía nos presenta una serie de pasos a seguir para mantener los estándares de seguridad y evitar accidentes o incidentes, los peligros asociados con la actividad siempre están presentes y son difíciles de mitigar. En la Tabla 1 se presentan los riesgos más significativos asociados a cada tarea que se realizan para ingresar a la ERM.

La actividad de adquisición de datos se debe realizar mensualmente debido a que la memoria de la Unidad correctora Mercury-Mini Max solo permite guardar registros de 40 días, por lo que es una actividad necesaria y de mucha importancia para desarrollar el análisis y control del consumo de la Estación.

¿Cómo se podría realizar la tarea de descarga de registros históricos de la Unidad correctora, de tal forma que se reduzca el tiempo en el que se desarrolla toda la actividad, mitigando los riesgos que conlleva el desarrollo de esta?

### **OBJETIVO GENERAL**

Proponer un procedimiento con un método de comunicación alternativo para la adquisición de registros históricos y verificación de parámetros de la Unidad Correctora Mercury-Mini Max de las ERM ubicadas en la ciudad de Bogotá, el cual reduzca el tiempo del procedimiento actual que es de 3 horas en un 40%.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Disminuir los tiempos de adquisición de los registros históricos en un 40% de la Unidad correctora Mercury-Mini Max.
- Realizar la descarga de registros históricos y conexión a la Unidad Correctora sin necesidad de realizar el Ingreso a las instalaciones de la ERM.
- Usar los mismos estándares de seguridad de la Compañía, de manera que se mitiguen los riesgos a los que se expone el colaborador en la actividad.
- Realizar la conexión entre Unidad Correctora y Computador mediante una red bluetooth que permita el enlace a 5 metros de distancia y que permita cumplir con la funcionalidad segura de rapidez en la adquisición de los registros históricos.

- Implementar parámetros de seguridad en la comunicación con la Unidad Correctora de las ERM.
- Determinar el tiempo que se reduce toda la actividad de adquisición de los registros históricos de la Unidad Correctora, al implementar el procedimiento que se desea proponer.

## JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de un procedimiento en el cual no se deba realizar el ingreso a las instalaciones tipo bunker de las ERM que se encuentran ubicadas en la ciudad de Bogotá, implementando una comunicación inalámbrica mediante una red bluetooth, permitirá la reducción del tiempo invertido en la actividad favoreciendo el procedimiento de adquisición de datos, por lo que se podrán realizar un número mayor de visitas durante el día, de igual manera brindara mayor seguridad para los colaboradores de la empresa Vanti Gas Natural, evitando accidentes e incidentes que perjudiquen tanto la integridad del colaborador como la de la comunidad que se encuentra en las proximidades de estas Estaciones. De esta forma se evita que el colaborador se enfrente a los diferentes riesgos presentes en el procedimiento actual y que se materialice la probabilidad de un incidente en la Estación que afecte la comunidad.

## MARCO TEÓRICO

### Estaciones de Regulación y Medición de Gas

Las estaciones de regulación y medición de presión proporcionan el control automático de presión, con el objetivo de proteger los equipos que se encuentran aguas debajo de estas. El control automático asegura que el flujo de gas se corte tan rápido como la presión aguas abajo comience a exceder cierto valor de presión. La principal función de una ERM es la de reducir la presión de entrada a una presión de salida establecida por el distribuidor con el fin de garantizar un suministro continuo a los clientes, manteniendo una presión constante a la salida independientemente del caudal. A su vez, es la de medir el volumen corregido y no corregido de gas que pasa por ella y de esta manera tener un balance de gas.

Los siguientes son los Sistemas Conforman una Estación de Regulación y Medición de gas:

- *Sistema de Filtración de Gas (Sólidos y Líquidos)*: Los filtros de gas en una ERM se usan para proteger los equipos localizados aguas abajo. Los depósitos de polvo se

pueden encontrar en el sistema de gas natural, estos depósitos permanecen con frecuencia en reposo en las tuberías hasta que la velocidad se incrementa a niveles críticos. La retención no solo de partículas sólidas sino también de partículas líquidas consta de una sección de filtración seguida de una sección de separación, estos equipos se conocen como filtros separadores, con estos equipos generalmente se remueve el 100% de todas las partículas mayores a 3 micras.[9]

- *Sistema de Regulación de Presión del Gas:* La estación baja la presión de 250 psi a 60 psi para distribuir el gas mediante la red de polietileno a las diferentes acometidas ya sean industriales, comerciales o residenciales. Las estaciones cuentan con dos reguladores para reducir la presión del gas. Esta el Regulador Trabajador que como su nombre lo dice es el que está trabajando continuamente y el que está regulando la presión. Por lo general es un regulador de falla abierta, es decir que en dado caso que presente una falla, este quedara abierto permitiendo el flujo de gas a través de él.

En una etapa anterior al regulador Trabajador se dispone un Regulador llamado Monitor, este regulador será de respaldo en dado caso que el Regulador trabajador presente falla. Este regulador siempre tendrá un valor de set por encima del regulador trabajador, generalmente unos 5 psi, y este tipo de reguladores son de falla cerrada, de manera que cuando presente una falla el sistema genera un cierre e impide el flujo de gas aguas abajo del mismo. De esta manera si fallan los dos reguladores se garantiza la integridad del sistema evitando que la presión de entrada, en este caso 250 psi, pase a la red de polietileno.

- *Sistema de Medición de Flujo de Gas:* Este sistema es el encargado de medir el gas que es suministrado a la red por la ERM como se observa en la Figura 1. El Medidor se encarga de realizar una lectura mecánica del volumen de gas en metros cúbicos ( $m^3$ ) que pasa por la tubería, entregando un valor denominado Volumen No Corregido (Volumen a condiciones de Flujo). El gas natural es un gas compresible, por lo que se ve afectado por la presión, temperatura y composición de este. La Unidad Correctora se encarga de corregir el Volumen no Corregido que es entregado por el medidor a través del emisor de pulsos, y lo convierte en Volumen Corregido (Volumen a Condiciones Estándar o Base). Para corregir el Volumen que pasa a través del medidor se debe multiplicar por un factor de Presión, un factor de Temperatura y un factor de Compresibilidad, los cuales

se obtienen mediante un algoritmo interno de la Unidad Correctora a través de las lecturas entregadas por los sensores y el analizador de gas.[2]

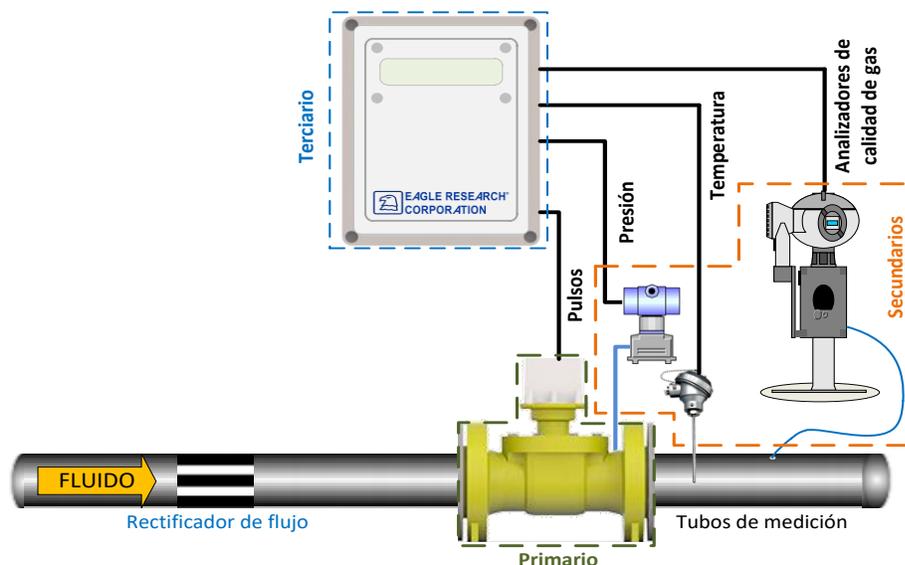


Fig. 1. Componentes Principales del Sistema de Medición.

- *Sistema de Seguridad*: Puede estar incorporado al regulador monitor o ser independiente y su función es la de realizar el cierre de la estación por una sobrepresión o una baja presión en la estación.

### Unidad Correctora Mercury-Mini Max

La Unidad Correctora Mini-Max que se muestra en la Figura 2, es un corrector de volumen de gas electrónico e independiente. Su montaje estándar se realiza en medidores rotativos, turbinas y medidores de diafragma que tienen una salida de eje giratorio (accionamiento del instrumento). El Corrector Mini-Max es también compatible con medidores que proporcionan pulsos de baja frecuencia. Este Corrector proporciona al usuario una operación simplificada. Se necesita una PC (computadora de escritorio o portátil) para configurar y descargar los registros Mini-Max usando el software MasterLink32®. Además de su estuche pequeño y resistente, el Mini-Max ofrece estas y otras características: Microprocesador de alto rendimiento y bajo consumo, duración extendida de la batería, Capacidad de Memoria de 40 días, memoria FLASH, baterías alcalinas reemplazables en campo, entre otras.

La Unidad Correctora Mini-Max es un microcomputador que utiliza sensores de precisión para medir la presión del gas, temperatura y corrige el volumen medido. Los circuitos electrónicos son alimentados por la batería ubicada dentro del estuche. El voltaje de la batería está regulado a los diversos voltajes requeridos por los circuitos restantes. Mientras se encuentra en el modo Corrector, la mayoría de los circuitos electrónicos se encuentran en un estado "sin alimentación" (sueño). Cuando el disco magnético gira por el movimiento del eje rotatorio del medidor y acciona los interruptores de entrada, los componentes electrónicos se energizan y comienzan el ciclo de corrección.



Fig. 2. Unidad Correctora Mercury-Mini Max

### **Red Bluetooth**

Bluetooth es una tecnología inalámbrica de corto alcance cuyo objetivo es eliminar cualquier tipo de cable, exceptuando los de alimentación, en los dispositivos, tanto portátiles como fijos. La tecnología bluetooth está pensada para adaptarse a dispositivos de pequeño tamaño y a muy bajo coste y, por ello, está ampliamente difundida en PDA, ordenadores portátiles y teléfonos móviles, en general para establecer pequeñas redes de comunicación, llamadas pico-nets, mediante las cuales cualquier dispositivo puede intercambiar información con otro.

Tal como se establece en la especificación de bluetooth, las características más destacables de esta tecnología son: robustez, bajo consumo y bajo coste, elementos fundamentales en

cualquier tipo de comunicación. Esta tecnología comprende tanto el hardware como el software buscando interoperatividad y compatibilidad con cualquier otro dispositivo bluetooth, con total independencia del fabricante. Bluetooth opera en la banda libre de 2,4 GHz, conocida como ISM (Industrial Scientific and Medical). Con esto se garantiza, en principio, que cualquier dispositivo pueda trabajar en cualquier parte del mundo.[14]

*Tabla 2. Clases de Dispositivos de Bluetooth*

<b>Clase</b>	<b>Máxima potencia de Salida (mW)</b>	<b>Máxima potencia de Salida (dBm)</b>	<b>Alcance Aproximado (m)</b>
1	100	20	100
2	2.5	4	10
3	1	0	0.1
4	0.5	-3	0.5



Fig. 3. Modulo Bluetooth HC05

En la Figura 3 se muestra un módulo Bluetooth HC05, el cual permite la comunicación de red bluetooth.

### **Placa Arduino**

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado para artistas, diseñadores y para cualquier interesado en crear objetos o entornos interactivos. Arduino puede “sentir” el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor

mediante el control de luces, motores y otros dispositivos. El microcontrolador de la placa se programa utilizando el “Arduino Programming Language” y el “Arduino Development Enviroment”. Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador (por ejemplo, con Flash, Processing, MaxMSP, etc.). Las placas se pueden ensamblar a mano o encargarlas preensambladas y el software se puede descargar gratuitamente. Los diseños de referencia del Hardware (archivos CAD) están disponibles bajo licencia open-source, por lo que se puede adaptar a las diferentes necesidades.

Hay muchos otros microcontroladores y plataformas microcontroladas disponibles para computación física. Todas estas herramientas toman los desordenados detalles de la programación del microcontrolador y la encierran en un paquete fácil de usar. Arduino también simplifica el proceso de trabajo con microcontroladores, pero ofrece las siguientes ventajas como lo son el bajo costo, multiplataforma, entorno de programación simple y claro, código abierto con software extensible y código abierto con hardware extensible.[7]

Arduino Uno es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328, como se observa en la Figura 4. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos) y otras 6 son entradas analógicas. Además, incluye un resonador cerámico de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reseteo. La placa incluye todo lo necesario para que el microcontrolador haga su trabajo, basta conectarla a un ordenador con un cable USB o a la corriente eléctrica a través de un transformador.



Fig. 4. Placa tipo Arduino UNO

## **ALCANCE**

Se presenta un procedimiento para la adquisición de registros históricos de la Unidad Correctora Mercury-Mini Max, que nos permita:

- El sistema es un prototipo para lograr la comunicación entre el computador y la Unidad Correctora enlazándose mediante la red inalámbrica bluetooth
- Mediante la aplicación del procedimiento se quiere lograr una reducción del 40% del tiempo total de la actividad que corresponde a 3 horas, es decir que se busca una reducción de 72 minutos, de modo que vamos a ganar poco más de una hora en la actividad.
- Implementar una comunicación inalámbrica mediante una red bluetooth que nos va a permitir un enlace entre el computador y la Unidad Correctora de 5 metros, de tal manera que podamos omitir el ingreso a la estación para realizar la adquisición de los registros históricos de la Unidad Correctora Mercury-Mini Max.

## **ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA**

Actualmente existen algunas estaciones en las cuales no se puede realizar la descarga de los registros históricos mediante una comunicación SCADA, por lo que se hace imperativo realizar la descarga de dichos registros directamente desde la estación. Esta actividad implica el ingreso a un espacio confinado como se observa en la Figura 5, por lo que es necesario seguir una serie de protocolos de seguridad que aseguren el bienestar y la integridad de las personas que van a realizar la labor. A continuación, se exponen los diferentes pasos que se deben seguir para el acceso al espacio confinado:

- Inicialmente se debe realizar la señalización del área de trabajo evitando así que personas ajenas a la actividad se acerquen a la estación y pueda ocurrir un accidente.
- Posteriormente se da aviso al Centro de Control que se va a realizar el ingreso a la estación, ya que todas las estaciones cuentan con un sensor intrusión, y este da aviso al momento de dar apertura de la escotilla de acceso.

- En tercer lugar, se debe transportar el equipo de rescate desde el vehículo hasta el punto donde se encuentra la estación y posteriormente se debe realizar el correspondiente ensamble de dicho equipo para ser utilizado.
- Se debe realizar una verificación del estado de los equipos de autocontenido de 15 minutos y el de 30 minutos, observar que nos presenten anomalías y que el manómetro se encuentre en el rango permitido.
- Luego de esto cada persona debe instalarse un arnés de seguridad para trabajo en alturas e ingreso a espacios confinados.
- Al finalizar se debe realizar la verificación de la atmosfera al interior de las instalaciones de la ERM, esta labor se realiza con un equipo detector de atmosferas, el cual indica los gases que se encuentran presentes en la atmosfera y el porcentaje de concentración de estos.



Fig. 5. Verificación de Atmosferas para garantizar el ingreso Seguro a la Estación

Al asegurar que la atmosfera de la estación es segura se realiza el ingreso al bunker, teniendo en cuenta todas las medidas de seguridad y portando un equipo detector de atmosferas personal, el cual avisara con una alarma sonora y lumínica si las condiciones de la atmosfera cambian y hay presencia de algún gas potencialmente toxico o explosivo.

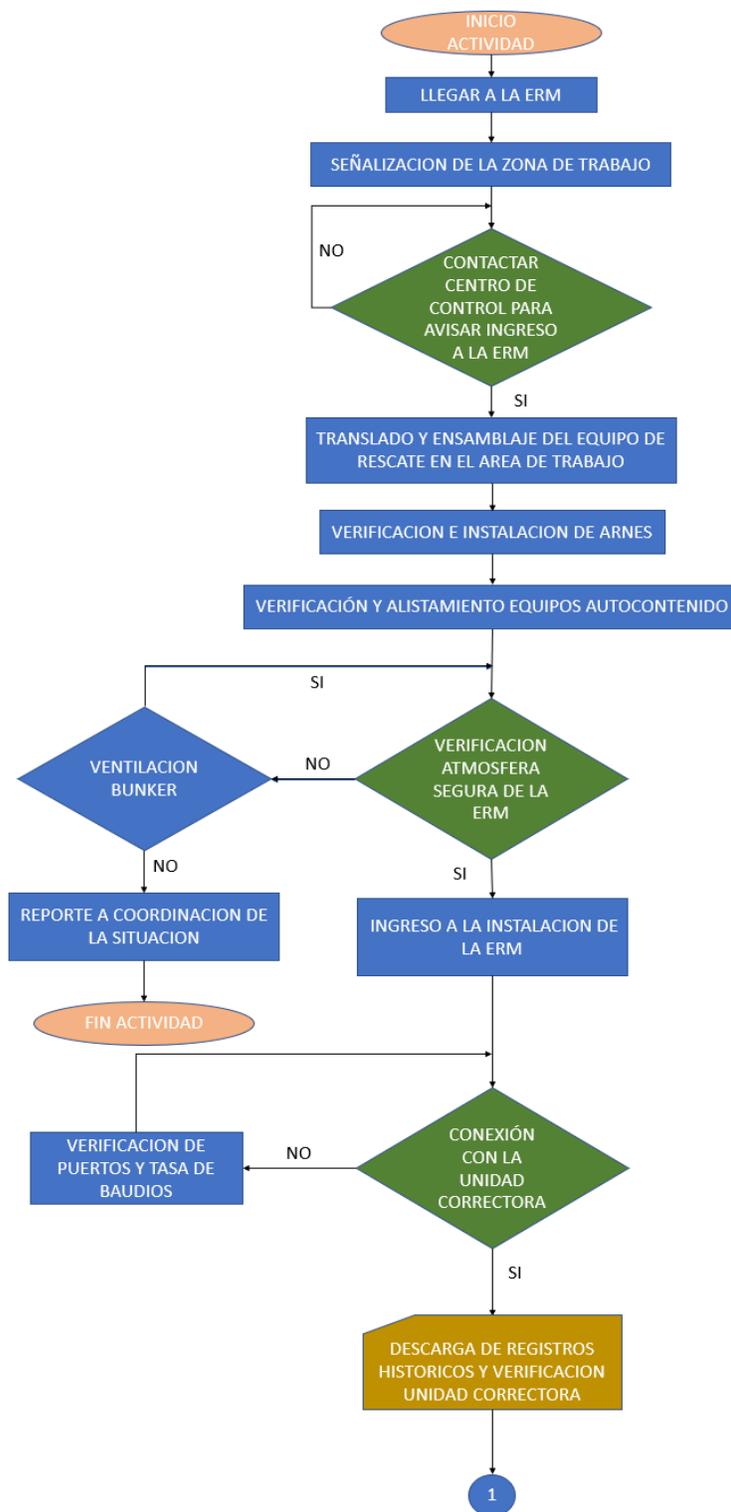


Fig. 6. Diagrama de Flujo del Proceso Actual para Descarga de Registros Históricos en la ERM. Parte 1

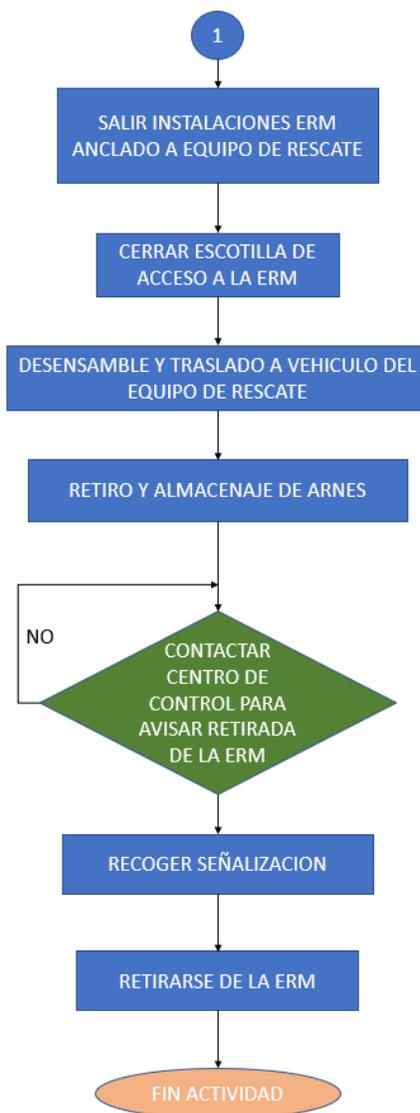


Fig. 7. Diagrama de Flujo del Proceso Actual para Descarga de Registros Históricos en la ERM. Parte 2.

Al finalizar las tareas correspondientes a la conexión con la unidad correctora, se procede a realizar la salida del recinto. En este punto se debe dar aviso nuevamente al Centro de Control para que estén enterados de la finalización de la labor. Se debe desensamblar el equipo de rescate y transportarlo nuevamente al vehículo y recoger la señalización que delimitaba el área de trabajo.

En las Figuras 6 y 7 se presenta un diagrama de flujo de la actividad paso a paso, en el cual se exponen como se desarrollan las tareas de una forma ordenada y las alternativas en el caso que alguna de las tareas no se pueda desarrollar.

## ANTECEDENTES

R. Linares, Mayo de 2004, Scientia et Technica. En este trabajo titulado Implementación del Protocolo Bluetooth para la Conexión Inalámbrica de Dispositivos Electrónicos Programables, se muestra cómo se adaptó la tecnología inalámbrica Bluetooth en el Laboratorio de Instrumentación y Medidas de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, para la conexión de instrumentos, y en general de dispositivos programables vía RS232, mediante el desarrollo de herramientas de hardware microcontrolado y de software para ambientes de desarrollo científico como MATLAB y LabVIEW. [15]

C. Lozano, C. Toro y D. Castaño, Junio de 2009, Universidad Nacional de Colombia. En su trabajo titulado Lectura Automática de Medidores de Consumo de Agua con Tecnología Bluetooth, debido a la caída de los precios de los sistemas inalámbricos y su mayor disponibilidad, además de las variadas y complejas herramientas que se encuentran en las agendas personales y celulares, ha sido posible aplicaciones de monitoreo, control y toma de datos. Este documento presenta los resultados del diseño e implementación de un medidor de consumo de agua usando tecnología inalámbrica Bluetooth con dispositivos personales como PDAs o celulares. [3]

D. Gutierrez, D. Diaz, M. Cruz, A. Ruge, Octubre de 2015, IEEE. En el documento denominado Agrometeorological Monitoring Station Based Microcontroller and Bluetooth Communication, se explica el diseño y la implementación de las variables meteorológicas de una estación de monitoreo para fines de aplicación en agricultura de precisión. Las variables monitoreadas son la temperatura y la humedad, la humedad del suelo y la dirección del viento. Los sensores utilizados están calibrados con los instrumentos de medición disponibles en la estación de monitoreo ubicada en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja de Colombia, y la comunicación de los datos monitoreados se envía a una computadora a través del módulo inalámbrico Bluetooth. El sistema de monitoreo se desarrolla como parte del proyecto final de los microcontroladores de la UPTC Tunja. [6]

S. Bravo, M. Redondo, A. Porta y E. Vasquez, 2013, Universidad Simón Bolívar. Este artículo que se titula Diseño de un Prototipo de Dispositivo con Tecnología Bluetooth (D.A.B) para la Transferencia de Datos - Fase modulo Comunicación, da a conocer el resultado de una

investigación cuya intención es diseñar un prototipo en este caso es un Dispositivo de Almacenamiento Bluetooth con capacidad de transferir archivos, sin embargo este artículo se centraran en la fase de comunicación en cual determinaran la velocidad de transmisión, alcance y consumo de los dispositivos que se van utilizar, partiendo de un modelo de comunicación Maestro / esclavo, teniendo en cuenta que se utilizó la versión bluetooth 2.0 de tal manera que sea capaz de comunicarse con otro dispositivos de forma inalámbrica. Para desarrollar esta comunicación se utilizó dos microcontroladores en este caso el Arduino y dos módulos Bluetooth HC-05 y se utiliza la metodología V que se caracteriza por ser una investigación aplicada hacia las TIC y además permite unificar los dos procesos que son: desarrollo del hardware y desarrollo del software. [16]

Las Unidades Correctoras que se encuentran en el mercado de RTU para medición de gas natural, manejan una conexión alámbrica mediante protocolo serial RS-232.

El conector en serie del Mini-Max permite la transferencia de datos hacia o desde la tarjeta de memoria del instrumento. Cualquier dispositivo serie RS-232 se puede conectar al puerto serie del instrumento a través del MPA o cable de E / S Mini-Max (P / N 40-2696), pero el dispositivo serie debe poder comunicarse utilizando el protocolo de datos en serie de Mercury. COM1, COM2, RS-232 o simplemente serie, se debe conectar el cable de E / S DB-9 conector, al puerto de serie del computador y conecte los conectores redondos del MPA y el cable de E / S juntos. De esta manera se tendrá acceso a realizar el enlace con el software MasterLink32® de Mercury Instruments.[10]

Otra de las grandes compañías desarrolladoras de Unidades Correctoras para la medición de gas natural es Eagle Research Corporation, quienes manejan la conexión de la misma manera. En su configuración estándar, la XARTU/1 viene equipada con dos puertos de comunicación 0 y 1. Puerto 0 puede ser configurado para permitir comunicación a través una MODEM telefónico o RS-232C. Puerto 1 puede ser configurado para CMOS o R-232C. Un cable serial (RS-232C) es requerido para comunicaciones locales. Estos pueden ser configurados para velocidades de hasta 115,200 baudios.[5]

## DESARROLLO

Para desarrollar el procedimiento que nos permita reducir el tiempo de la actividad global de la adquisición de registros históricos de la Unidad Correctora Mercury-Mini Max y la comunicación vía red bluetooth entre el computador y la Unidad Correctora, se realizaron una serie de tareas o pasos que se muestra en las figuras 8 y 9.

Para la comunicación inalámbrica decidimos escoger el protocolo bluetooth porque nos brinda una serie de ventajas, las cuales se presentan a continuación:

- El microchip Bluetooth, incorpora un radio transmisor, es introducido en los dispositivos digitales. Bluetooth se encarga de realizar todas las conexiones de forma inmediata, sin utilizar ni un solo centímetro de cable.
- Para la transmisión de datos, Bluetooth emplea una combinación de conmutación de circuitos y de paquetes.
- Para la transmisión de datos se emplean canales asíncronos, cada uno puede soportar un enlace asimétrico a 721 Kbps en un sentido y 57.6 Kbps en el otro, o bien un enlace simétrico a 432.6 Kbps en ambos sentidos.
- El alcance del sistema es de 10 metros, ampliable a 100 metros aumentando la potencia transmitida con un amplificador adecuado.
- A diferencia de otros sistemas de comunicaciones inalámbricos como los basados en infrarrojos, Bluetooth no requiere que haya línea de visión directa entre los dispositivos.

Algunas de las ventajas que nos presenta el uso de la red bluetooth, son las siguientes:

- Puede conectarse a una tarjeta de desarrollo que permite fácil acceso a las librerías para implementar comunicación bluetooth.
- Es de Fácil administración y bajo mantenimiento.
- Es de bajo costo.
- Es comercial y accesible en el territorio de Colombia.
- El consumo de energía es fácil de suplir (Consumo de 5V).
- Versatilidad para entrada y salida de datos.
- Conexión por puerto de comunicación usb.

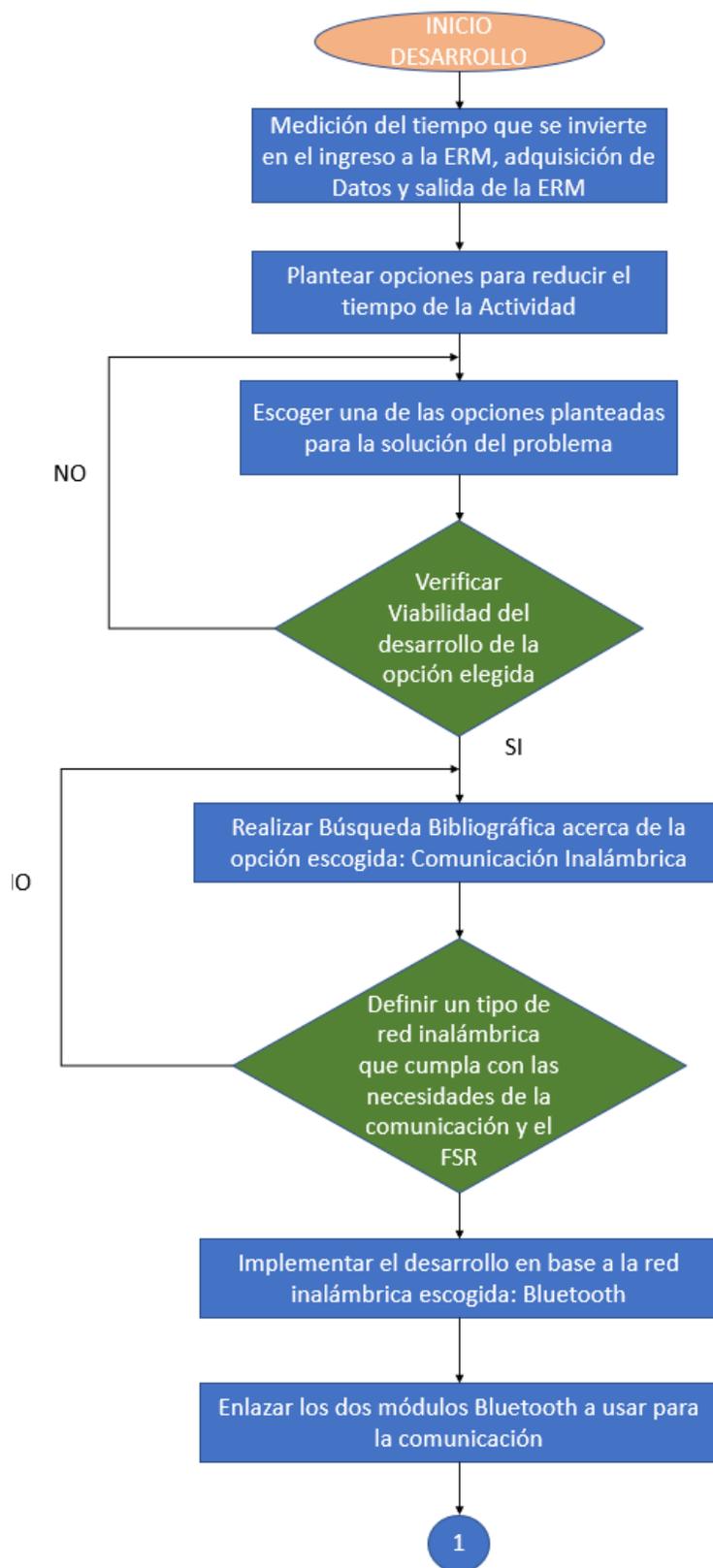


Fig. 8. Diagrama de Flujo de los Pasos a seguir para el Desarrollo del Proyecto. Parte 1.

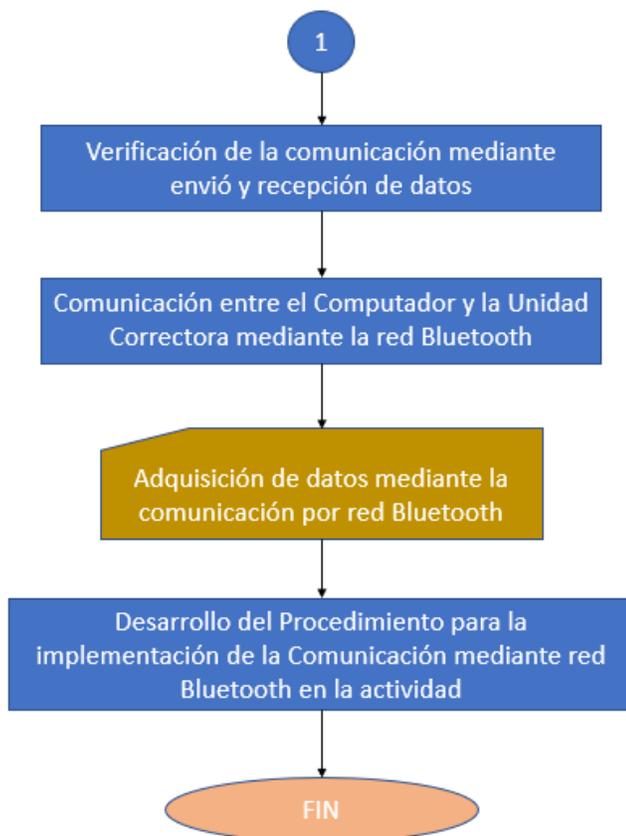


Fig. 9. Diagrama de Flujo de los Pasos a seguir para el Desarrollo del Proyecto. Parte 2.

Para la configuración del protocolo bluetooth se utiliza una tarjeta Arduino Uno. La Placa Arduino brinda varias ventajas para la fácil configuración del protocolo bluetooth, algunas de ellas son:

- Arduino es libre y extensible: esto quiere decir que cualquiera que desee ampliar y mejorar el diseño hardware de las placas como el entorno de desarrollo, puede hacerlo sin problemas.
- Se puede instalar y ejecutar en sistemas operativos Windows, Mac OS y Linux.
- Su lenguaje de programación basado en C++ es de fácil comprensión.
- Es de bajo costo.

En la Figura 10 se muestra la forma de conexión y enlace entre los módulos bluetooth HC-05, los cuales están conectados a las placas de Arduino UNO respectivamente.

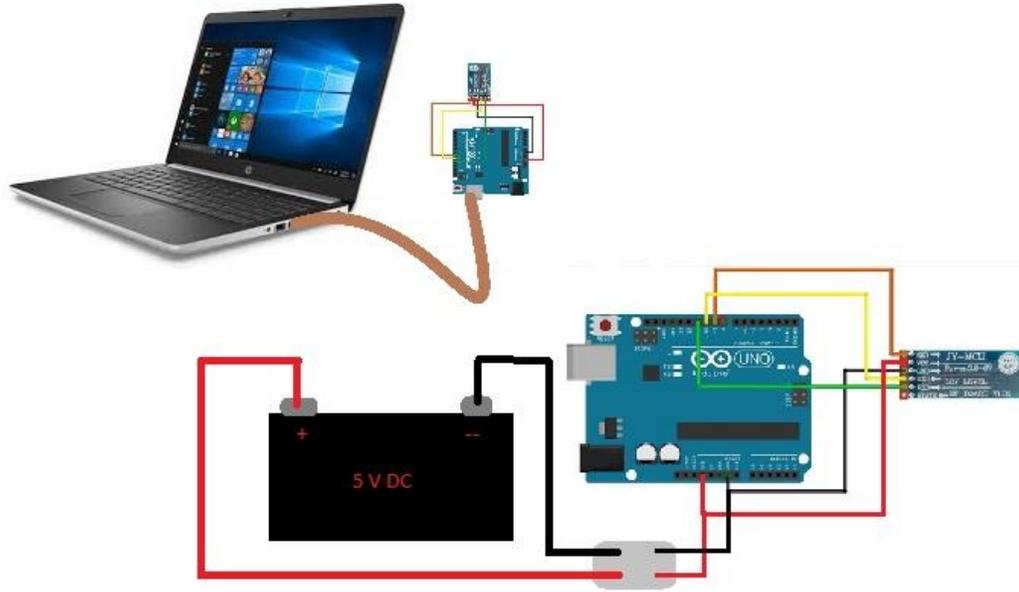


Fig. 10. Modelo de Conexión entre los Módulos Bluetooth Maestro y Esclavo.

## SEUDOCÓDIGO

Programa Enlace módulos Bluetooth

INICIO ProgramaSerial

Activar pin Rx; // Recibir y enviar información serial

Activar pin Tx; // Recibir y enviar información serial

Abrir comunicación; //Abre la comunicación serial y espera respuesta del puerto

Velocidad ProgramaSerial; //Selección de la velocidad de la comunicación en baudios

While (ProgramaSerial); // Esperar que el puerto se conecte, solo por bluetooth

Imprimir, ProgramaSerial (“Configuración”); // Imprime Configuración cuando detecta conexión

Abrir Loop {

Si (bluetooth.disponible) {

ProgramaSerial.escribe (bluetooth.lee)}

Si (ProgramaSerial.disponible) {

Bluetooth.escribe (ProgramaSerial.lee)};

}

FIN ProgramaSerial

## PROPUESTA

Para la comunicación de la red inalámbrica bluetooth, se va a utilizar el módulo HC-05. Este modelo puede actuar como Máster o como Slave, quiere decir que nos permite ser configurado para enviar y recibir datos, además nos permite un rango amplio de ordenes o comandos AT en su configuración. Las ordenes son del tipo “AT+Orden”, donde AT es el comando especificado de atención, mucho del hardware sencillo que se comunica con otros equipos vía puerto serial, aceptan ordenes AT para configurarlos.

Para realizar la conexión del módulo bluetooth HC-05 con la tarjeta Arduino que se muestra en la Figura 11, se siguen los siguientes pasos:

- En primer lugar, para que el HC-05 entre en modo comandos AT, requiere que cuando se enciende el módulo, el pin KEY este HIGH. Por eso se conecta la tensión Vcc del módulo Bluetooth al pin 8 del Arduino.
- El consumo del módulo es mínimo y el Arduino UNO es capaz de alimentarlo sin problemas, por eso el módulo se encenderá cuando se ponga el pin 9 en HIGH. Esto permitirá poner en HIGH el pin digital 8, al iniciar el programa y después levantar el pin 8, de este modo cuando arranque entrará sin más en el modo de comandos AT.
- Txd y Rxd se deben conectar cruzados con los pines de comunicación de Arduino, que se usan mediante la librería software Serial.

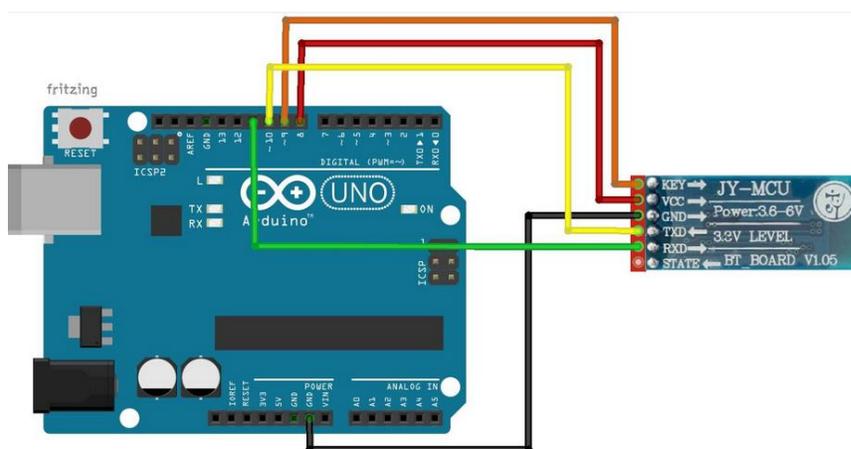


Fig. 11. Configuración de la Conexión Tarjeta Arduino con Modulo Bluetooth HC-05.

Para este proyecto se hará uso de dos tarjetas Arduino UNO con dos módulos bluetooth HC-05. A las tarjetas Arduino se les carga el programa de lenguaje AT de la Figura 9, y de esta forma podremos cambiarle la velocidad de comunicación (taza de baudios) de cada módulo bluetooth, el nombre con el que serán identificados, verificar la dirección MAC, se le asignara a uno la modalidad de Maestro, y al otro se le asignara la modalidad de esclavo, por último se le asignara una contraseña la cual deberá digitarse en el momento que se realice el enlace entre ellos y esto nos brindara una capa de seguridad de modo que asegura que la persona que quiera acceder a los datos de la Unidad Correctora deberá conocer la contraseña establecida. En la Figura 12 se presenta la conexión del Módulo bluetooth a la Unidad Correctora.



Fig. 12. Implementación Modulo Bluetooth en la Unidad Correctora Mercury-Mini Max

## PROCEDIMIENTO PROPUESTO

El procedimiento propuesto para realizar la descarga de los registros históricos de la Unidad Correctora Mercury-Mini Max, consiste en omitir todas aquellas tareas que tienen que ver con la preparación para el ingreso a la ERM. Al realizar la conexión inalámbrica por protocolo bluetooth entre la Unidad Correctora y el computador, buscamos garantizar un menor tiempo en el desarrollo total de la actividad.

Los pasos que se deben seguir con este nuevo procedimiento serán los siguientes:

1. Llegada a la ERM. Si es de fácil acceso vehicular la zona en la que se encuentra ubicada la Estación, estacionar el vehículo lo más próximo a la instalación.

2. Se iniciará la actividad contactándose con el Centro de Control para informar de la actividad a desarrollar en la Estación.
3. El colaborador deberá ubicarse en la superficie de la Estación a una distancia de entre 5 m a 10 m máximo de la posición de la Unidad Correctora, de manera que sea viable la conexión entre los módulos bluetooth.
4. Al encontrarse posicionado, el colaborador debe iniciar el protocolo de comunicación mediante la red inalámbrica bluetooth, deberá ingresar la contraseña asignada para la estación, esperando la respuesta de conexión con el módulo bluetooth ubicado en la Unidad Correctora.
5. Al ser exitosa la conexión, se procede a conectarse mediante el programa de Masterlink32® de la compañía Mercury para acceder a la Unidad Correctora e iniciar la adquisición de los datos.
6. Al acceder a la interfaz del programa, se procede a realizar la adquisición de los registros históricos.
7. Terminada esta operación, el colaborador debe salir del programa guardando los datos en un archivo de Excel en la carpeta correspondiente a la Estación.
8. Por último, debe finalizar la conexión inalámbrica entre la Unidad Correctora y el Computador.
9. Se contactará nuevamente con el centro de Control para avisar de la culminación de la actividad.
10. Con los datos guardados en la computadora, se procede a retirarse del lugar, finalizando así la actividad.

En la Figura 13 se presenta el Diagrama de Flujo del proceso propuesto. Como se puede observar muchas de las tareas que se presentaron en el proceso que se desarrolla actualmente en Vanti Gas Natural ya no están, dado que no se va a realizar ingreso a la estación en ningún momento.

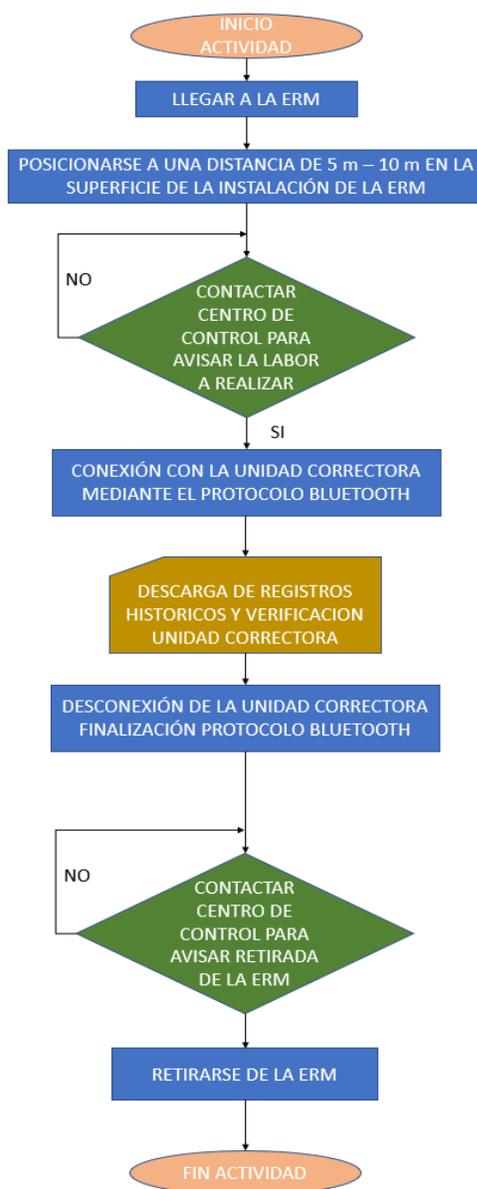


Fig. 13. Diagrama de Flujo Procedimiento Propuesto para la Reducción de Tiempos.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al desarrollar la comunicación mediante la red bluetooth entre el Computador y la Unidad Correctora Mercury-Mini Max, se incrementa el tiempo de descarga de registros históricos ya que existe un cambio en el tipo de red de comunicación de alámbrica a inalámbrica. La comunicación vía puerto serial mediante el cable realiza la transferencia de datos a una mayor

velocidad, y aunque la red inalámbrica nos proporciona varias ventajas se ve bastante afectada por las interferencias generadas por diferentes dispositivos que trabajan con frecuencias similares en el entorno, el factor físico o estructural logra influir al ocasionar pérdidas de señal en la red inalámbrica, de igual manera se pueden presentar pérdida ocasional del vínculo entre los dos módulos bluetooth.

*Tabla 3. Tiempos de Adquisición de datos y de la Actividad Global.*

<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>TIEMPO DE DESCARGA DE DATOS (min)</b>	<b>TIEMPO GLOBAL DE LA ACTIVIDAD (min)</b>
ACTUAL	23	180
PROPUESTO	39	93

Puesto que el tiempo de la descarga de datos tiende a ser mayor mediante una red inalámbrica que al realizar la conexión cableada, al realizar la reducción de tareas que demandan demasiado tiempo (se estima que las tareas de ingreso y salida de la ERM toman un tiempo de 2 horas), pretendemos utilizar una pequeña parte de ese tiempo que se ha ganado para adicionar al tiempo de adquisición de datos mediante la red inalámbrica bluetooth.

Aunque el tiempo en la descarga de los registros históricos de la Unidad Correctora aumenta por la aplicación de la comunicación mediante red bluetooth, la implementación de este tipo de comunicación para generar un nuevo procedimiento para el desarrollo de la actividad hace que el tiempo global invertido en la actividad se reduzca en un 48%, cumpliendo de esta manera con el objetivo general del proyecto que es la reducción del tiempo de la actividad, lo que permite realizar un mayor número de visitas en el día.

## **CONCLUSIONES**

Se disminuye el tiempo de la actividad global de adquisición de los registros históricos en un 48%, de modo que al realizar la implementación del nuevo procedimiento la actividad que se realizaba en un promedio de 180 minutos se está invirtiendo actualmente alrededor de 93 minutos.

Se logra realizar la descarga de registros históricos y conexión a la Unidad Correctora mediante la comunicación por red bluetooth, de tal manera que se omite el ingreso a las instalaciones de la ERM.

Se logra realizar una comunicación entre el computador y la Unidad Correctora, cumpliendo con los factores más importantes de una red de comunicación, la funcionalidad al realizar el enlace exitosamente entre los dispositivos mediante la red bluetooth, la seguridad ya que a través de la limitación del alcance de la red y la asignación de contraseña los datos van a estar protegidos y por último la rapidez, permitiendo que la actividad se desarrolle en menor tiempo.

Con este procedimiento se mitigan muchos de los riesgos a los que se encontraban expuestos los colaboradores de Vanti Gas Natural, de esta forma se siguen manteniendo los estándares de seguridad de la compañía, disminuyendo la probabilidad de que exista un accidente o incidente al realizar esta labor.

Mediante el rango ofrecido por este tipo de comunicación inalámbrica y la asignación de una contraseña para realizar el enlace de los módulos bluetooth, se otorga una capa de seguridad a los registros guardados por la Unidad Correctora, de modo que el acceso a los mismos solo sea posible para los colaboradores de la compañía.

Debido a que la adquisición de datos de los registros históricos se debe realizar mensualmente en las ERM, con la reducción del tiempo que se viene dedicando a esta actividad, se pueden realizar más visitas en el día y el tiempo que se ha ganado podrá ser invertido en otras actividades del área de Medición de la Compañía.

Ya que la comunicación entre el computador y la Unidad Correctora se realiza mediante una red inalámbrica, es probable que se presente una pérdida ocasional del vínculo entre los dos módulos bluetooth, sin embargo, esto no va a comprometer la integridad de la información ya que, al reestablecerse la conexión, la descarga de los datos continuara desde el punto en el que se perdió el vínculo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Andreu, J. (2010). *Servicios en Red*. Malaga, España: Editex.
- [2] Borrás, E. (1987). *GAS NATURAL. Características, Distribución y Aplicaciones Industriales*. Barcelona, España: Editores Tecnicos Asociados. Capitulo Primero. Pág. 9.
- [3] C. Lozano, C. T. (Universidad Nacional de Colombia. Junio, 2009). Lectura automática de medidores de consumo de agua con tecnología bluetooth. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, vol. 6, núm. 1, 207-212.
- [4] C. Varela, L. D. (2002). *Redes Inalambricas*. Valladolid, España: Universidad de Valladolid.
- [5] Corporation, E. R. (2004). *XARTU/1. MANUAL DE OPERACION E INSTALACION*. Hurricane, USA: Eagleresearchcorp. Page 13.
- [6] D. Gutierrez, D. D. (Octubre de 2015). *Agrometeorological monitoring station based microcontroller and bluetooth communication*. Manizales, Colombia: IEEE.
- [7] Enríquez, R. (Noviembre de 2009). *Guía de Usuario de Arduino*. Córdoba, España: Universidad de Córdoba.
- [8] F. Guerrero Suarez, F. L. (2003). *Gas Natural en Colombia - GASE.S.P.* Cali: Universidad ICESI.
- [9] Inca, D. P. (2018). *Implementacion de la Valvula de Control con TRIM Multietapa para Aplicacion en Estaciones de Regulacion y Medicion de Gas Natural (ERM)*. Lima, Peru: Universidad Tecnologica del Peru.
- [10] Instruments, M. (July 2008). *Mini Max User Guide*. Cincinnati, USA: RMG. Page 26.
- [11] Katz, M. (2013). *REDES Y SEGURIDAD*. Buenos Aires, Argentina: Alfaomega. Pág. 5 - 7.

- [12] Kozulj, R. (Diciembre de 2004). *La Industria del Gas Natural en America del Sur: Situacion y posibilidades de la integracion de mercados*. Santiago de Chile: CEPAL. Pag. 31-33.
- [13] M. Frodigh, P. J. (2000). Formacion de redes inalambricas ad hoc - El arte de la formacion de redes sin red. *Ericcson Review*, 248 - 263.
- [14] Marín, C. (Junio 2012). Bluetooth:criterios deseleccion y comparativa con otras tecnologías inalámbricas. *Técnica Industrial*, 76 - 80.
- [15] R. Linares, J. Q. (Mayo 2004). IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO BLUETOOTH PARA LA CONEXIÓN INALÁMBRICA DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PROGRAMABLES. *Scientia et Technica*, vol. X. num. 24., 31 - 36.
- [16] S. Bravo, M. R. (2013). Diseño de un prototipo de dispositivo con tecnología bluetooth (D.A.B) para la transferencia de datos - Fase modulo comunicación. *I+DENTIC. Universidad Simon Bolivar*, Vol. 4, Num. 2.
- [17] Sparacino, G. L. (2003). *Tecnologia Inalambrica Bluetooth sobre los servicios de Comunicaciones en los ambitos Social y Empresarial*. Zulia, Venezuela: Telématique Universidad Privada Dr. Rafael Bellosó Chacín.
- [18] Torres, H. T. (Mayo de 2007). *Abastecimiento de Gas Natural*. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Catolica de Chile.

## ANEXO A. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN

```

/*
 Programa para enlazar dos modulos Bluetooth, uno como Maestro y el otro como Esclavo
 El Circuito:
 * RX es el pin digital 10 (conectar a TX del otro dispositivo)
 * TX es el pin digital 11 (conectar a RX del otro dispositivo)
 Modificado en 2019 por Joan Sebastian Murcia Henao y Daniel Alberto De los Rios
 Nuñez
 Basado en el ejemplo de Tom Igoe
 Este Codigo es de Dominio Público.
 */
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial bluetooth(10, 11); // RX, TX
void setup() {
 // Abre las comunicaciones seriales y espera a que se abra el puerto
 pinMode(8, OUTPUT); // Al poner en HIGH forzaremos el modo AT
 pinMode(9, OUTPUT); // Cuando se alimenta desde este pin
 digitalWrite(9, HIGH);
 delay(500); // Espera antes de encender el modulo
 Serial.begin(9600);
 Serial.println("Levantando el módulo HC-05");
 digitalWrite (8, HIGH); //Enciende el modulo
 Serial.println("Esperando comandos AT:");
 Serial.begin(9600);
 Bluetooth.begin(38400);
 while (!Serial) {
 ; // Esperar a que el puerto serial se conecte. Necesario solo para puerto USB
 }
 Serial.println("configuracion");
 // establecer la velocidad de datos para el puerto de SoftwareSerial
 }
 void loop() { // Corre el programa una y otra vez
 if (bluetooth.available()) {
 Serial.write(bluetooth.read());
 }
 if (Serial.available()) {
 bluetooth.write(Serial.read());
 }
 }
}

```

## ANEXO B. TABLA DE DESCRIPCIÓN DE CÓDIGOS AT

COMANDO	FUNCIÓN
AT	Test de Conexión UART
AT+RESET	Reset del Dispositivo
AT+VERSION	Consultar Versión del Firmware
AT+ORGL	Restaurar Configuración de Fabrica
AT+ADDR	Consultar Dirección Bluetooth del Dispositivo
AT+NAME	Consultar/Configurar Nombre
AT+RNAME	Consultar Dispositivo Bluetooth Remoto
AT+ROLE	Consultar/Configurar el Rol del Dispositivo (Maestro o Esclavo)
AT+CLASS	Consultar/Configurar Clase CoD del Dispositivo
AT+IAC	Consultar/Configurar Código de Acceso
AT+INQM	Consultar/Configurar Modo de Acceso
AT+PSWDAT+PIN	Consultar/Configurar Contraseña de Emparejamiento
AT+UART	Consultar/Configurar Parámetros UART
AT+CMODE	Consultar/Configurar Modo de Conexión
AT+BIND	Consultar/Configurar Dirección de Enlace Bluetooth
AT+POLAR	Consultar/Configurar Polaridad de Salida de LED
AT+PIO	Set/Reset un Pin de E/S del Usuario

## ANEXO C. FICHA TÉCNICA ARDUINO UNO

Arduino es una placa con un microcontrolador de la marca Atmel y con toda la circuitería de soporte, que incluye, reguladores de tensión, un puerto USB (En los últimos modelos, aunque el original utilizaba un puerto serie) conectado a un módulo adaptador USB-Serie que permite programar el microcontrolador desde cualquier PC de manera cómoda y también hacer pruebas de comunicación con el propio chip.

Un arduino dispone de 14 pines que pueden configurarse como entrada o salida y a los que puede conectarse cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir señales digitales de 0 y 5V.

También dispone de entradas y salidas analógicas. Mediante las entradas analógicas podemos obtener datos de sensores en forma de variaciones continuas de un voltaje. Las salidas analógicas suelen utilizarse para enviar señales de control en forma de señales PWM.

Arduino UNO es la última versión de la placa, existen dos variantes, la Arduino UNO convencional y la Arduino UNO SMD. La única diferencia entre ambas es el tipo de microcontrolador que montan.

- La primera es un microcontrolador Atmega en formato DIP.
- Y la segunda dispone de un microcontrolador en formato SMD.

Nosotros nos decantaremos por la primera porque nos permite programar el chip sobre la propia placa y después integrarlo en otros montajes.



*Arduino UNO con microcontrolador en formato DIP  
formato SMD*



*Arduino UNO con microcontrolador en*

---

### Entradas y salidas:

---

Cada uno de los 14 pines digitales se puede usar como entrada o como salida. Funcionan a 5V, cada pin puede suministrar hasta 40 mA. La intensidad máxima de entrada también es de 40 mA.

Cada uno de los pines digitales dispone de una resistencia de pull-up interna de entre 20K $\Omega$  y 50 K $\Omega$  que está desconectada, salvo que nosotros indiquemos lo contrario.

Arduino también dispone de 6 pines de entrada analógicos que trasladan las señales a un conversor analógico/digital de 10 bits.

#### Pines especiales de entrada y salida:

- RX y TX: Se usan para transmisiones serie de señales TTL.
- Interrupciones externas: Los pines 2 y 3 están configurados para generar una interrupción en el atmega. Las interrupciones pueden dispararse cuando se encuentra un valor bajo en estas entradas y con flancos de subida o bajada de la entrada.
- PWM: Arduino dispone de 6 salidas destinadas a la generación de señales PWM de hasta 8 bits.
- SPI: Los pines 10, 11, 12 y 13 pueden utilizarse para llevar a cabo comunicaciones SPI, que permiten trasladar información full dúplex en un entorno Maestro/Esclavo.
- I<sup>2</sup>C: Permite establecer comunicaciones a través de un bus I<sup>2</sup>C. El bus I<sup>2</sup>C es un producto de Phillips para interconexión de sistemas embebidos. Actualmente se puede encontrar una gran diversidad de dispositivos que utilizan esta interfaz, desde pantallas LCD, memorias EEPROM, sensores...

---

### Alimentación de un Arduino

Puede alimentarse directamente a través del propio cable USB o mediante una fuente de alimentación externa, como puede ser un pequeño transformador o, por ejemplo una pila de 9V. Los límites están entre los 6 y los 12 V. Como única restricción hay que saber que si la placa se alimenta con menos de 7V, la salida del regulador de tensión a 5V puede dar menos que este voltaje y si sobrepasamos los 12V, probablemente dañaremos la placa.

La alimentación puede conectarse mediante un conector de 2,1 mm con el positivo en

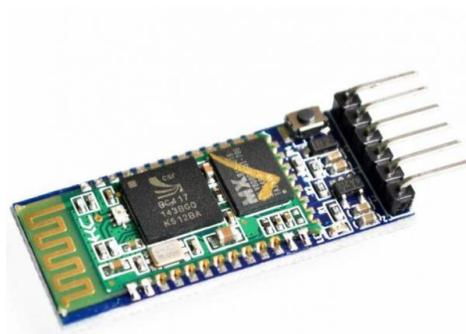
el centro o directamente a los pines Vin y GND marcados sobre la placa.

Hay que tener en cuenta que podemos medir el voltaje presente en el jack directamente desde Vin. En el caso de que el Arduino esté siendo alimentado mediante el cable USB, ese voltaje no podrá monitorizarse desde aquí.

### Resumen de características Técnicas

Microcontrolador	Atmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7 – 12V
Voltaje de entrada (Límite)	6 – 20V
Pines para entrada- salida digital.	14 (6 pueden usarse como salida de PWM)
Pines de entrada analógica.	6
Corriente continua por pin IO	40 mA
Corriente continua en el pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (0,5 KB ocupados por el bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz

## ANEXO D. FICHA TÉCNICA MÓDULO BLUETOOTH HC-05



### Configuración:

El módulo suele venir configurado como esclavo, con velocidad de transmisión serial de 38400 bps ó 9600 bps (Dependiendo del nivel de KEY al alimentarlo), 1 bit de parada, y sin bit de paridad, nombre: HC-05, password: 1234

Para su configuración se puede conectar a el viejo puerto serial RS232 de la computadora a través de un convertidor TTL a RS232, o mejor empleando un conversor USB a serial TTL y utilizando el Hyperterminal de Windows u otro programa similar para enviar los comandos AT (Por ej. el SSCOM32, PuTTY, etc.). (A partir de Win Vista el hyperterminal ya no está incluido en el SO)

Por supuesto también se pueden enviar los comandos AT desde cualquier microcontrolador sin ayuda de computadoras.

Con Arduino de 3.3 V también se puede hacer fácilmente y sin ningún convertidor con un pequeño sketch que utiliza el monitor serial del IDE de Arduino para escribir los comandos AT y observar la respuesta del módulo. Como este monitor emplea la comunicación serial que el Arduino utiliza para comunicarse con la computadora en los pines 0 y 1 digitales, se crea un puerto serial por software para pasar los datos al módulo Bluetooth empleando los pines digitales 10 y 11.

### Características:

- Especificación bluetooth v2.0 + EDR (Enhanced Data Rate)
- Puede configurarse como maestro, esclavo, y esclavo con autoconexión (Loopback) mediante comandos AT
- Chip de radio: CSR BC417143

- Frecuencia: 2.4 GHz, banda ISM
- Modulación: GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
- Antena de PCB incorporada
- Potencia de emisión:  $\leq 4$  dBm, Clase 2
- Alcance 5 m a 10 m
- Sensibilidad:  $\leq -84$  dBm a 0.1% BER
- Velocidad: Asíncrona: 2.1 Mbps (max.)/160 kbps, síncrona: 1 Mbps/1 Mbps
- Seguridad: Autenticación y encriptación (Password por defecto: 1234)
- Perfiles: Puerto serial Bluetooth
- Módulo montado en tarjeta con regulador de voltaje y 6 pines suministrando acceso a VCC, GND, TXD, RXD, KEY y status LED (STATE)
- Consumo de corriente: 50 mA
- El pin RX del módulo requiere resistencia de pull-up a 3.3 V (4.7 k a 10 k). Si el microcontrolador no tiene resistencia de pull-up interna en el pin Tx se debe poner externamente.
- Niveles lógicos: 3.3 V. Conectarlos a señales con voltajes mayores, como por ej. 5 V, puede dañar el módulo
- Voltaje de alimentación: 3.6 V a 6 V
- Dimensiones totales: 1.7 cm x 4 cm aprox.
- Temperatura de operación:  $-20$  °C a  $+75$  °C

### **Aplicaciones:**

- Comunicación inalámbrica entre microcontroladores
- Comunicación inalámbrica entre computadoras y microcontroladores
- Comunicación inalámbrica entre teléfonos móviles o tabletas y microcontroladores