

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE DERIVADOR BASADO EN GPS MONITOREADO POR RADIO PARA APLICACIONES EN OCEANOGRAFÍA (DMR V0.1)

J. Hernández ⁽¹⁾, A. Chacón ⁽²⁾, D. Paillacho ⁽³⁾

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral, Apartado 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
jshernan@fiec.espol.edu.ec⁽¹⁾, mchacon@fiec.espol.edu.ec⁽²⁾, dpaila@fiec.espol.edu.ec⁽³⁾

Resumen

El estudio de corrientes costeras ha sido el principal objetivo del presente proyecto de tesis. Este dispositivo ha sido utilizado por investigadores de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM) de la ESPOL para comprobar su correcto funcionamiento, lo cual valida este proyecto. Se describen los requisitos que se plantearon con los investigadores de la FIMCM para el desarrollo del sistema DMR (Derivador Monitoreado por Radio), el hardware y software necesarios, y el alcance que debía tener el proyecto en sí. Luego se detallan los componentes electrónicos seleccionados y el funcionamiento individual de cada uno. Como tercer punto se desarrolla la programación que controla cada módulo existente, y la descripción del funcionamiento concatenado de todo el sistema. También se estudia el diseño de la protección del derivador que va a tener en el mar. Los cálculos estructurales y el ensamblaje final de la parte física se ven reflejados aquí. Finalmente, las pruebas realizadas con el sistema DMR por los investigadores de la FIMCM – ESPOL en San Pedro de Manglaralto (CENAIM).

Palabras Claves: *Derivador Monitoreado por Radio, GPS, estudio de corrientes, telemetría.*

Abstract

Study of coastal currents has been the main goal of this thesis project. This device has been used by researchers of Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM) - ESPOL to prove that it works properly, and to validate the project. Requirements made by FIMCM researchers to develop DMR system (Derivador Monitoreado por Radio), needed hardware and software and limitations are described. Also, selected electronic components and its individual functioning are detailed. Programming each module and the description of how DMR system works as a whole is depicted too. Design of physical protection of the drifter is also covered here, with structural analysis and assembly of the drifter prototype. Finally, tests made with DMR system by FIMCM researchers at San Pedro de Manglaralto (CENAIM).

Key Words: *Radio-tracked Drifter, GPS, study of coastal currents, telemetry.*

1. Introducción

Debido a la naturaleza de las corrientes costeras, fue necesario establecer un programa de mediciones directas, distribuidas con respecto al área, tiempo y profundidad, que permitiese definir las condiciones de la corriente en un área de estudio predeterminada.

El Método Lagrangiano del estudio de corrientes permite registrar el comportamiento de la partícula del fluido a través del espacio, mediante el trazo de la ruta seguida por un cuerpo de agua durante un intervalo de tiempo. Ello establece una curva denominada 'trayectoria' (equivalente a representar el recorrido de un flotador), según esto, la trayectoria de una partícula del fluido es definida por su posición como una función del tiempo.

Como objetivos, se planteó lo siguiente:

- Desarrollar un derivador lagrangiano autónomo que optimice la adquisición de datos de corrientes superficiales de manera inalámbrica.
- Aplicar tecnología de GPS y de transmisión de datos por radio para establecer un confiable sistema de telemetría.
- Probar el funcionamiento del prototipo en relación con los sistemas tradicionales de obtención de vectores de corrientes superficiales del tipo lagrangiano.

2. Requerimientos para la construcción de un derivador basado en GPS monitoreado por radio

El Derivador Monitoreado por Radio (DMR) es un dispositivo para el estudio de corrientes costeras que permite conocer la trayectoria del agua y su velocidad. Básicamente consta de dos partes:

- 1) La estación remota y Derivador, que comprende un bastidor el cual recolecta los datos de posicionamiento y los transmite hacia el investigador
- 2) La estación en tierra, que comprende de la radio y la Pc; la cual recibe, procesa y almacena los datos en tiempo real.

El alcance operativo que se requiere para este sistema se basa en lo siguiente:

- Tiempo mínimo de funcionamiento de cuarenta y ocho horas continuas para la toma de datos [1].
- Medidor de nivel de batería.
- Adquisición automática de datos.
- Precisión de máximo 25 m de la ubicación del derivador.
- Distancia de operación de hasta 7 Km entre la estación en tierra y la estación remota.

Adicionalmente, se requiere que los datos sean almacenados y procesados en tiempo real, esto es, que la posición sea graficada en un mapa previamente creado u obtenido del perfil de costa a estudiar.

3. Consideraciones en el diseño y construcción del DMR

Para el diseño y construcción de la electrónica del DMR se consideraron los parámetros previamente establecidos. Tenemos como componentes principales:

- Microcontrolador
- GPS
- Radio
- Software de adquisición de datos

3.1. Microcontrolador

Los microcontroladores seleccionados para el proyecto son el PIC16F876A y el PIC16784 de Microchip. Son circuitos integrados basados en arquitectura RISC. Tiene tres puertos de entrada/salida y hasta trece fuentes de interrupción. Adicionalmente el microcontrolador PIC16F876A tiene un puerto serial USART que nos servirá para interactuar con el resto de componentes [2].

3.2. GPS

El GPS es el PG-11 de Laipac Tech, escogido debido a la facilidad de manejo y relación eficiencia/precio frente a otros GPS. El diseño está basado en la arquitectura GPS SiRF Star II; soporta el protocolo estándar NMEA0183 característico de las comunicaciones marítimas, que es el que se va a utilizar.

Este protocolo de comunicación utiliza oraciones predeterminadas para transmitir información. Con el PG-11 tenemos disponibles tipos de protocolos:

- Global Positioning System Fixed Data (GGA)
- Global Active Satellites (GSA)
- Global Satellites in View (GSV)
- Recommended Minimum Specific GNSS Data (RMC)

Para la comunicación con los demás dispositivos, tiene un puerto RS-232 full dúplex asíncrono, con tasa de transferencia de 4800bps por defecto [3].

3.3. Radio

La radio escogida es la RF XStream V. OEM 900MHz de MaxStream Digi. Fue seleccionada debido al rango de operación y su versatilidad. El rango de frecuencias de esta radio está entre los 902MHz y los 928MHz. El consumo de potencia es relativamente bajo (100mW), con una tasa de transferencia seleccionable de 1200, 9600 ó 19200 baudios. La radio tiene una distancia de operación en zonas urbanas es de 450 m, pero con una antena de alta ganancia y línea de vista se extiende hasta los 32 Km. La sensibilidad de operación es de -110dBm. La modulación que utiliza es FSK (Frequency-Shift Keying) y FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) [4]

3.4. Software de Adquisición de Datos

El lenguaje de programación utilizado es MATLAB®, debido a que se requería almacenar los datos en un archivo plano para luego ser graficados en este programa. El software desarrollado, llamado dmrA, consta de una ventana principal y ventanas para configuración y carga de mapa por separado.

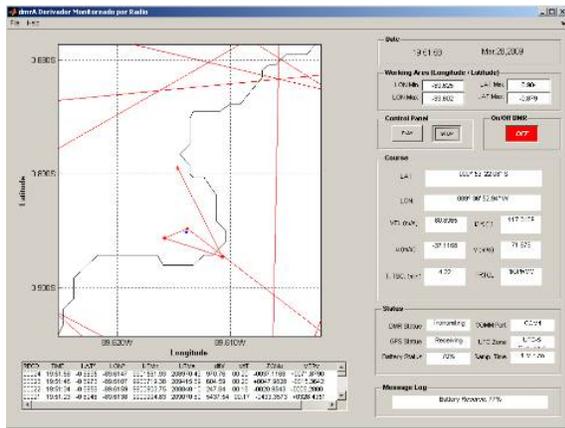


Figura 1. Interfaz GUI del proyecto DMR.

Este programa permite visualizar en tiempo real los datos adquiridos, como se observa en la figura anterior, en un mapa con el perfil de costa del área de estudio. Además permite el encendido lógico de la estación remota, grabar y visualizar los datos adquiridos, y cargar los datos previamente guardados.

3.5. Distribución de la potencia

Los elementos electrónicos escogidos son de bajo consumo, como se puede observar en la siguiente tabla:

Dispositivo	Potencia utilizada (mWatts)
GPS	235

Radio	100
PICs (3)	5.4
Total	340.4

Tabla 1. Potencia utilizada por la estación remota

En cambio las antenas son los elementos a considerar a la hora de hacer cálculos de potencia, ya que la antena del GPS consume 1 W y la de la radio entre 1 mW y 1 W. En este proyecto se utilizaron baterías tipo “pila seca” de 6 V y 7 A-h. Se colocaron tres baterías en paralelo como respaldo de energía. Considerando los siguientes consumos de corriente:

Dispositivo	Corriente (mA)
GPS	47
Radio + Antena	140
PICs (3)	75
Antena GPS	14
Total	276

Tabla 2. Consumo de corriente de la estación remota

Con las baterías escogidas, tenemos un tiempo de operación teórico de 50.7 horas ininterrumpidas.

4. Desarrollo de interfaces de comunicación entre los módulos del prototipo de derivador

El funcionamiento del DMR depende de cada uno de sus componentes. El diagrama de bloques del sistema es el siguiente:

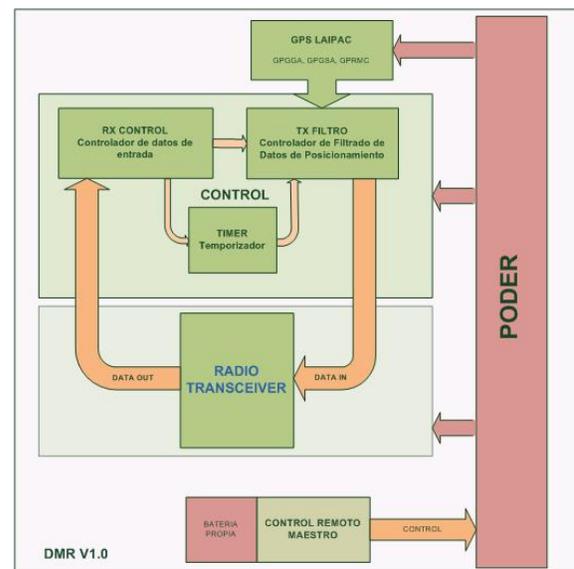


Figura 2. Diagrama de bloques del DMR.

El sistema completo funciona de la siguiente forma:

1. El Control Remoto Maestro enciende el hardware, energizando todo el sistema.
2. Luego del encendido físico a través del Control Remoto Maestro, procedemos al encendido lógico del circuito a través de la interfaz del usuario diseñada en MATLAB®.
3. Una vez energizado el sistema, se configuran los parámetros iniciales, como son el tipo de dato GPS con el que se va a trabajar y el tiempo de muestreo de datos seleccionado.
4. Con estos parámetros, se procede al muestreo de los datos y su envío a la estación en tierra desde la estación remota, donde los datos son recibidos por el transceiver y los envía a la terminal para su almacenamiento en texto plano y su procesamiento en MATLAB®.
5. Se tiene un monitoreo constante del estado de la batería, por lo que si baja a valores críticos, esto es fácilmente visible en la interfaz gráfica del usuario en MATLAB®.

4.1. Interacción entre los módulos del sistema

El sistema de Control del DMR se basa en tres bloques: Control Rx, Filtro Tx y Timer.

4.1.1. Control Rx. El Control Rx se encarga de procesar lo que se recibe desde la PC, esto es, una trama de configuración inicial para el correcto funcionamiento del proyecto en conjunto. Tenemos 4 datos que se reciben:

- ACK de los datos enviados a la estación en tierra
- Tipo de trama GPS
- Período de envío
- Activación secuencia ON/OFF

Para iniciar el funcionamiento del derivador necesitamos el tipo de dato escogido para operar (GGA, GSA o RMC). Adicionalmente, se necesita el tiempo de muestreo de los datos GPS.

Por otro lado, los bytes de ACK y activación de secuencia On/Off se utilizan para lo siguiente: el ACK para validar la correcta recepción de la trama de datos a la interfaz del usuario en la PC, mientras que el segundo activa o desactiva el derivador, a manera de encendido remoto por software.

Teniendo estos datos, el microcontrolador analiza la trama que recibe de la estación en tierra y que tiene el formato:

\$DMR,<ACK>,<PT>,<TM>,<ON>,<CR/LF>

Donde

ACK: Es el ACK del dato que ha llegado a la estación en tierra

PT: Es el tipo de trama escogido para trabajar con el GPS

TM: Es el tiempo de muestreo medido en minutos

ON: Es el encendido o apagado por software de la estación remota

Estos datos son analizados de manera separada. El primer byte es el ACK. Si es igual a cero, no existen datos de llegada o no llegaron correctamente a la estación en tierra; de lo contrario, los datos fueron recibidos correctamente. El segundo byte indica el tipo de trama GPS seleccionado por el usuario durante todo el estudio. Se puede escoger entre las tramas de tipo GGA, RMC y GGS. El tercer byte nos indica el período de muestreo, y puede ser configurado para trabajar a 1, 5, 10 ó 15 minutos. Y por último el cuarto byte, llamado Secuencia On/Off, no es más que el encendido remoto de los módulos que no necesitan estar encendidos al inicio del estudio, que vendrían a ser el Filtro Tx y el Timer.

4.1.2. Filtro Tx. El Filtro Tx, por su parte, es el encargado de interactuar directamente con el GPS y del ensamblaje de la trama final. Este bloque necesita conocer el tipo de la trama GPS seleccionada previamente en el bloque de Control Rx y un ACK por parte de la estación en tierra de que se recibieron los datos previamente enviados. Si es un dato nuevo se envía sin ningún problema. Basado en la trama escogida, hace un escaneo de las recibidas por el GPS. Una vez que recibe la trama deseada, la almacena y lee los datos de la batería, haciendo una conversión analógica a digital del nivel de la misma. Con este dato, finalmente ensambla la trama a ser enviada a través de la radio a la terminal en la estación en tierra. Esta trama tiene la siguiente estructura:

\$<Datos_GPS>,<Batería>,<CR/LF>

Donde:

<Datos_GPS>: Son los datos que se extraen de la trama del GPS de Laipac Tech.

<Batería>: Es el dato digital del nivel de batería (0 – 255).

4.1.3. Timer. Este módulo posee un temporizador el cual habilita el envío y recepción de datos del propio DMR. También administra el consumo de energía del módulo de la Radio. Este módulo puede ser configurado para que envíe los datos cada 1, 5, 10 o 15 minutos.

5. Diseño y construcción del bastidor para el prototipo del derivador langragiano autónomo

La estación remota está compuesta de tarjetas electrónicas, las cuales deben ser ensambladas junto con las baterías y las antenas de la radio y GPS en un bastidor. Este bastidor debe de ser diseñado adecuadamente, seleccionando el material y realizando los cálculos estructurales necesarios.

El material del bastidor es el Policloruro de Vinilo (PVC). Tiene elevada resistencia a la abrasión y corrosión, buena resistencia mecánica y al impacto. No se quema con facilidad ni arde por sí solo. Es un material estable e inerte, de baja densidad y fácilmente reciclable. Se destaca por su rentabilidad, ya que no es un material costoso y no necesita mantenimiento. Otras características importante incluyen: buen aislante eléctrico, y es inerte a las reacciones causadas por ácidos, bases y sales [5].

Se realizaron pruebas de hermeticidad del bastidor, ya que las tarjetas electrónicas no tienen buena tolerancia a la humedad, ya que aumentan la conductividad de los aislantes permeables que llevan a su malfuncionamiento. Con una estación meteorológica portable, se midió la humedad dentro de la carcasa. Esta prueba se la realizó durante 3 días. Al final de la prueba se realizó la medición dando como resultado el mismo valor de humedad (60%), y se verificó visualmente que no exista depósito alguno de agua. Como conclusión, se demostró que el bastidor es hermético y mantiene aislados las tarjetas electrónicas en su interior.

5.1. Ensamblaje de la componente electrónica, antenas y baterías en el bastidor

La sección de electrónica tiene un esqueleto formado por barras transversales de acrílico y el soporte del mismo material, sobre este soporte van colocadas las tarjetas paralelas entre sí. La sección de baterías tiene un soporte adicional pues tienen un mayor peso que las tarjetas electrónicas.

El acoplamiento de las diferentes secciones es de la siguiente manera: en la parte inferior van colocadas las baterías para mayor estabilidad, como se verificó en los cálculos estructurales, mientras que en la parte superior va el módulo de los componentes electrónicos.

Las longitudes de cada parte se exponen a continuación:

Dato	Medida
Altura total del bastidor	82,10 cm
Altura de cada módulo de batería	15.00 cm
Separación entre módulos	0.40 cm

Altura de módulo de la componente electrónica	35.10 cm
---	----------

Tabla 3. Datos de la estructura del bastidor del DMR

El ensamblaje de todas las partes se aprecia mejor en la fotografía mostrada:



Figura 3. Ensamblaje del bastidor del DMR.

6. Operación e intercalibración del derivador lagrangiano autónomo

Para poder comprobar que el sistema DMR funciona correctamente, es necesario someterlo a una prueba de estudio de corrientes y compararlo con el sistema tradicional, conocido como veleteo. Para este fin, el equipo de investigación de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM) de la Espol consideró un estudio de tres días, por un total de 14 y media horas en el sector de San Pedro en la provincia de Santa Elena, el cual será descrito en detalles posteriormente. Este estudio se dividió de la siguiente manera:

- Día 1: de 14:30 a 18:00
- Día 2: de 9:00 a 12:30 y de 13:00 a 18:00
- Día 3: de 9:30 a 12:00

Durante este tiempo, se recibió los datos de posicionamiento del DMR en la estación terrena y también se tomaron datos de la forma tradicional a través del veleteo. Este último método consiste en lanzar una veleta hecha de madera y acero al agua, y tomar su posición con un GPS portátil en intervalos de tiempo definidos. En esta prueba se lo realizó cada 30 minutos, y se tomaron las posiciones de dos veletas y del DMR remoto durante los días 1 - 2 y de una veleta y el DMR remoto durante el día 3. El tiempo de muestreo del DMR fue definido para cada minuto, ya que se buscaba una mayor granularidad a la hora de adquirir los datos.

Los datos obtenidos de la forma tradicional fueron comparados con los datos obtenidos por el Derivador cada minuto lo que concluyó que las pruebas fueron exitosas ya que se logró obtener una buena correlación de datos entre ambos métodos.

6.1. Área de estudio

El área de estudio para las primeras pruebas en el mar del DMR debe de cumplir con ciertos parámetros básicos: facilidad de acceso al sitio, corrientes marinas de estudio que se hayan estudiado con anterioridad y seguridad física para realizar las pruebas a cabalidad son algunas de las condiciones requeridas. En este caso, se seleccionó la costa frente a las comunas de San Pedro y Valdivia donde se ubica el CENAIM – ESPOL (Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas).

El punto de medición escogido fue la costa de la comuna de San Pedro. El principal motivo para la selección de este punto fue la facilidad de logística. En el punto se encuentra localizado el CENAIM – ESPOL, por lo que la utilización del espacio físico y de los equipos fue proporcionada por la misma ESPOL.

Otra razón para seleccionar este punto fue el tipo de corriente costera en esta zona. Durante todo el año existen corrientes de mar tranquilas, lo que la hace una zona ideal para pruebas controladas.

7. Conclusiones y Recomendaciones

Después de haber desarrollado el Derivador Monitoreado por Radio y puesto a prueba bajo la supervisión de un oceanógrafo se puede indicar la importancia que tiene este equipo para el estudio de las corrientes marinas, así como destacar la simplicidad de su uso y los beneficios que éste ofrece.

Según los datos recolectados y analizados por el DMR y los oceanógrafos se puede concluir que estos son fiables. Se puede llegar a un estudio más exacto al momento de realizar el análisis de los datos para la medición de la corriente marina.

Para una nueva implementación de un equipo que realice la misma función de DMR, se podría realizar ciertos cambios al sistema para que sea mucho más eficiente y multifuncional a la vez, dependiendo del caso de estudio o la aplicación deseada. En el caso de mejoras se podría agregar un sistema de carga de baterías por medio de energía solar con el cual se lograría alargar el tiempo de estudio, ya que por el momento se encuentra limitado por las baterías que

dispone a pesar de que el hardware se ha desarrollado para que haya poco consumo de energía.

También se podría implementar un equipo de monitoreo satelital con el que se amplía el área de estudio a sitios alejados donde no llegue el alcance de la señal de radiofrecuencia provistas por los módulos usados; esto se puede realizar por medio de un contrato a un proveedor de servicios de rastreo por satélite y dependerá también de la importancia del estudio a realizarse.

Como se recalcó en el segundo capítulo el hardware del DMR fue implementado con módulos que realizan una función específica. Éstos mismos pueden llegar a ser usados para nuevas aplicaciones, fuera de obtener datos para medición de la corriente marina. Otra aplicación donde se utilizan los módulos es en el monitoreo o rastreo de vehículos, equipos móviles o equipos de mayor importancia según sea el caso. Así, podemos reutilizar estos módulos e implementarlos en nuevos objetivos y desarrollar nuevas aplicaciones tecnológicas.

8. Referencias bibliográficas

- [1] Abata K. y Cedeño J. “Circulación Costera En La Zona De Valdivia-San Pedro”. FIMCM – ESPOL.
- [2] Microchip. “Manual de referencia para el PIC16F87X”.
- [3] Laipac Tech. “Manual de referencia para GPS PG-11”.
- [4] MaxStream Digi. “Manual de referencia para radios 9XTend”.
- [5] Uni-Bell PVC Pipe Association. “PVC Pressure Pipes: The Solution for Water Systems”.