

# Desarrollos con microprocesadores para el control del ganado

**Federico De la Cruz. Gonzalo Aranda. Esteban González. Alejandro Uriz.  
Pablo Agüero. Juan C. Tulli**

*Laboratorio de Comunicaciones, Facultad de Ingeniería, UNMdP, Mar del Plata,  
Argentina*

## Resumen

*Diversos estudios con animales estabulados han demostrado que existe una correlación entre los sonidos producidos durante el arranque, la masticación y la rumia, y la ingesta del animal. Se estima en consecuencia que a partir de estos sonidos se pueden determinar aspectos tales como el engorde o el rendimiento que se obtendrá del ganado. Adicionalmente, en algunas regiones, las áreas en donde el ganado, principalmente ovino, puede pastar libremente se están desertificando, esto implica que el manejo de estas tierras deba ser llevado a cabo con sumo cuidado. Una opción al parcelamiento con alambre o al uso de “boyeros” es el uso de parcelas virtuales. Esto se logra equipando al ganado con dispositivos basados en GPS, que mantendrá al animal dentro de un perímetro virtual.*

*El desarrollo de dispositivos autónomos y portátiles de registro de sonidos y posicionamiento global permitirán, por una parte, obtener información en condiciones normales de pastoreo, dando una herramienta muy útil al ingeniero agrónomo, investigador o productor para determinar la cantidad de alimento ingerido o los requerimientos de forraje necesarios para suministrarle al ganado una correcta alimentación. Por otra parte, estos dispositivos podrán confinar al animal en áreas específicas sin necesidad de cercas físicas.*

## Abstract

*Several studies over cattle in stables have demonstrated that exists a correlation between bites, chews or ruminant sounds and the animal intake of forages. Consequently, it is estimated than analyzing these sounds it is possible to determinate the cattle fattening. Additionally, in some regions, areas where the livestock (mainly flocks of sheep) can graze freely are in process of desertification. This implies that the management of this lands must be carried out with care. An option to protect these sensitive areas is to fence the area with a “boyero” or electric fence, but in some areas this can be impractical or costly. An alternative is to furnish the animal with a GPS collar in their neck that produces a mild tactile electric stimulation to keep the animal inside an specific area drawn in UTM coordinates on the a collar computer.*

*The developing of autonomous and portable devices to record sounds and get position will allow, in one hand to obtain information of the feeding behavior in normal grazing conditions, giving the farmer or researcher a very useful tool to measure the intake of forages or the necessary amount of food to feed the animal. In the other hand, this device will allow to confine cattle in specific areas without the need of a fiscal fence*

## Palabras Clave

Sonidos masticatorios, Georeferenciacion, parcelamiento virtual, GPS, PIC.

## Introducción

Teniendo en cuenta que tanto el ganado vacuno como el ovino son una importante fuente de alimentos y recursos en Argentina, y que además la calidad de la carne y la leche que éste produce depende de la alimentación del mismo, es deseable una estimación precisa de la ingesta de los animales para un correcto manejo de la dieta, ya sea de las áreas de pastoreo o del alimento suministrado (feedlots).

Numerosas publicaciones [1] [2] [3] dan cuenta de la vinculación que existe entre los sonidos producidos por el arranque, la masticación y la rumia con la ingesta del animal .

Esto hace altamente deseable poder disponer de registros sonoros de los animales durante largos períodos de pastoreo, para poder estimar a partir de ellos la ingesta del ganado. Actualmente estos estudios se realizan mayormente sobre animales estabulados.

La necesidad de usar animales estabulados se manifiesta, en principio, para lograr una correcta correlación del sonido producido con la ingesta, ya que esta última se calcula suministrándole al animal cantidades muy precisas de alimento. Pero esto es una etapa inicial en donde se desea cuantificar la cantidad y tipo de sonidos masticatorios de ruido en función de la cantidad y tipo de alimento. Superada esta etapa se hace deseable hacer estos estudios en pastoreo extensivo [4] [5]. Para esto es necesario disponer de un sistema de registro portátil preciso y no invasivo, que permita diferenciar los tres tipos de sonidos masticatorios (arranque, masticación y rumia) producidos por el animal.

En estudios previos en animales estabulados se han usado sistemas de registro no dedicados, compuestos por micrófonos de uso general y cámaras de video hogareñas, con lo cual se correlacionaba el audio con el video. En algunos estudios [7] las marcaciones horarias eran realizadas sobre la pista de audio con señales acústicas provenientes de relojes externos al sistema y operados manualmente. Esta metodología requiere personal dedicado y altamente capacitado para que las mediciones puedan ser correctamente interpretadas en una etapa de análisis posterior. Dicho procedimiento es propenso a sufrir de errores tales como el error humano o el cambio de conducta del animal por estar rodeado de gente y equipos, descontando el hecho que el engorde del animal estabulado será distinto al del animal en pastoreo por el simple gasto de energía que significa para el animal trasladarse. Adicionalmente, el estudio de animales estabulados puede ser aplicado sólo durante unas pocas horas de registro por jornada.

En cuanto a las técnicas de procesamiento de sonido, aún no está claro si es posible hoy la diferenciación del tipo de pastura por tan solo el análisis del sonido. En ese sentido una forma alternativa de determinar el tipo de pastura es agregando al dispositivo de rastreo un receptor de GPS. Esto no solo permitirá saber donde y cuando fue registrado cada segmento de sonido almacenado, sino también abre otras posibilidades en lo referente al parcelamiento virtual.

Existe un consenso generalizado entre los expertos y en los diversos organismos técnicos provinciales, nacionales e internacionales, acerca de que el fenómeno conocido como "desertificación" se debe, al menos en la Patagonia, al sobreuso de los suelos que, asociado con factores climáticos, ha generado un agotamiento del recurso natural, base de la explotación extensiva del ganado ovino por más de cien años [8].

El uso de cercas físicas ya sea alambrado o "boyeros" (dispositivos que por medio de descargas eléctricas inofensivas mantienen al ganado dentro de una parcela) puede ser impráctico o de alto impacto ambiental. Una alternativa es dotar al animal de un dispositivo de georreferenciación al cual se le hayan programado áreas permitidas y áreas restringidas de pastoreo. El sistema funciona igual que un boyero, pero sin la necesidad de tener que tender alambrados.

Para este fin de desarrollará un dispositivo que usando un modulo GPS que al registrar la posición del animal continuamente lo puede mantener dentro de un área indicada como coordenada. Esto se hace enviando primero señales audibles al animal que porta el dispositivo y luego estímulos electricos. La información de la posición del animal puede entonces ser o no correlacionada con los sonidos registrados para poder saber no solo cual fue la cantidad de ingesta sino que fue lo que consumió, teniendo en cuenta que la ubicación de la pastura es conocida.

Se desarrolla además un programa que permita interpretar y mostrar los datos de posicionamiento global.

## **Elementos del Trabajo y Metodología**

### **1. Dispositivos propuestos**

Este trabajo se puede dividir a su vez en dos dispositivos muy similares, uno orientado principalmente a la adquisición de sonidos y georreferenciación (en virtud que no necesariamente pueden requerirse cercas virtuales) y otro dedicado principalmente a la georreferenciación y al establecimiento de cercas virtuales, pero no necesariamente a la adquisición de sonidos. La diferencia entre ambos se hará evidente a la hora de definir el tipo de microcontrolador que poseerá cada implementación, y la tecnología de fabricación.

#### **1a. Dispositivo para Adquisición de sonido**

##### **1b - 1. Adquisición de sonido**

Basándose en lo expuesto, este trabajo aborda aquí el estudio y diseño de un dispositivo de registro de sonidos compacto y portátil, que permita además un pre-procesamiento de la señal para la optimización del uso de la memoria de almacenamiento. Adicionalmente se diseña el equipo con la posibilidad del agregado de canales reconfigurables para aplicaciones especiales, la generación de una referencia horaria precisa y la integración de un módulo GPS para la georreferenciación de los animales que permita determinar áreas de pastoreo o tipos de pastura.

Trabajos como [5] resaltan la necesidad de poseer fuentes de sonido diferentes y correlacionables para poder discriminar adecuadamente entre los tres distintos tipos de sonido mencionados previamente y poder tratar sonidos no deseados como podrían ser el viento, los pájaros, etc.. Esto determina que una de las características de este dispositivo es contar con la posibilidad de usar al menos dos canales de audio.

Dado que se busca construir un dispositivo versátil, y en vista que en algunos trabajos previos se ha sugerido el uso de contadores mecánicos [6], detectores de nivel o incluso señales mioeléctricas para diferenciar la rumia de la masticación, se propone un diseño abierto y escalable, que permita el agregado de funciones sobre un diseño básico. Adicionalmente, se estima que la necesidad de algunas nuevas características surgirán del uso del dispositivo, características o funcionalidades que a la hora de un primer diseño no

son conocidas. Por lo tanto es altamente recomendable producir un dispositivo escalable y reconfigurable, para facilitar futuras actualizaciones o mejoras.

Teniendo en cuenta el horizonte del proyecto, se diseñó, en primera instancia, un adquisidor de audio de dos canales, cuyos archivos generados se almacenan en una tarjeta de memoria del tipo SD de 2 o 4 GB de capacidad, con el fin de alcanzar períodos que van de los 4 días a las 2 semanas según las especificaciones en calidad del audio, duración del mismo y ancho de banda deseado.

1. La propuesta parte de la utilización del microcontrolador 18F46K20 de Microchip como unidad central del sistema a diseñar. La elección final del mismo se llevó a cabo luego de una ardua etapa de prueba de microcontroladores más simples de la familia 16F. Por una cuestión de costos se comenzó el diseño con los microcontroladores mas económicos de esta familia, pero a medida que el diseño avanzaba, fue necesario incrementar la capacidad del dispositivo, llegándose finalmente al 18F46K20 el cual no sólo ha facilitado lograr el almacenamiento del algoritmo en su totalidad dentro de él, sino que también ha permitido una velocidad de procesamiento adecuada, factor que había limitado las implementaciones previas.

En la figura 1 se presenta el diagrama en bloques del diseño propuesto, para un arreglo de dos micrófonos de adquisición.

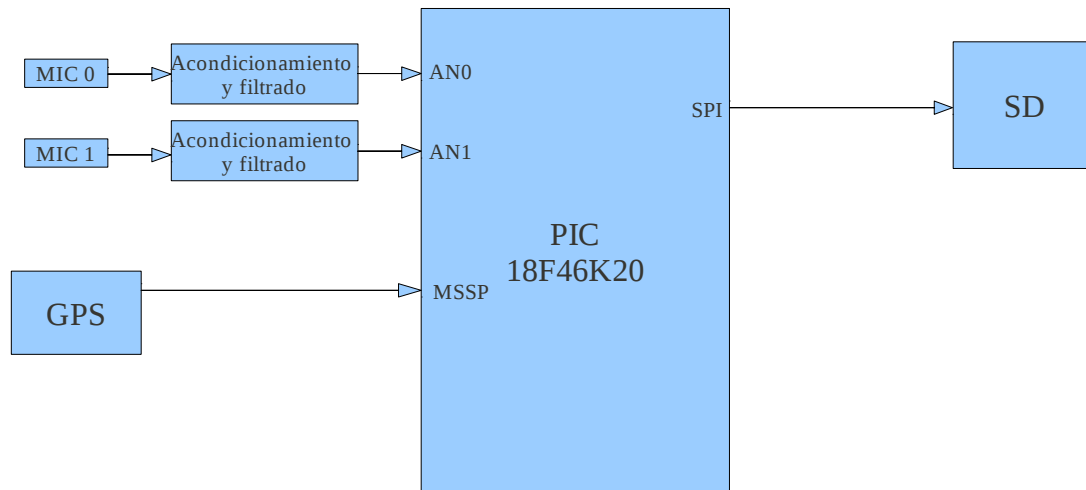


Figura. 1

Los micrófonos son conectados a amplificadores de audio (con una banda de operación de 0 a 20kHz) de alta fidelidad, y posteriormente son enviados a un filtro antialiasing previo a su digitalización. Con este microcontrolador se pueden usar frecuencias de muestreo muy superiores a las necesarias para un posterior análisis de la señal. Es por eso que la adquisición será realizada a máxima frecuencia y el filtro antialiasing sera implementado en forma analógica para esta frecuencia. En caso de no ser necesaria para el estudio que se quiera llevar a cabo una frecuencia de muestreo tan alta, simplemente se reducirá esta por

decimación dentro del microcontrolador, de esa manera el uso de la memoria será mas eficiente y el hardware mas sencillo.

Como ya se ha dicho, se busca el desarrollo de un dispositivo versátil, que cumpla no sólo con las especificaciones requeridas por el ingeniero agrónomo, según sea su necesidad de estudio, sino con otras posibles necesidades en un futuro cercano. Entre las posibilidades actuales se cuenta con:

- Programación de los horarios de registro y tiempos de registro de audio.
- Programación de los tiempos de registro de posición.
- Etiquetado de cada archivo de audio, que incluye:
  - Frecuencia de muestreo.
  - Tiempo de registro.
  - Duración del registro.
  - Posición de latitud y longitud.
- Eliminación de los tiempos mudos o muertos entre segmentos de sonido, para un mejor aprovechamiento de la tarjeta de memoria.
- Elección de la frecuencia de muestreo en un rango que va desde los 4KHz hasta los 30KHz.

El rango que se prevee en este trabajo esta basado en [7], en donde la mayoría de los estudios se realizan sobre frecuencias comprendidas entre 0 y 6 kHz. Siendo las de mayor interés aquellas frecuencias comprendidas entre los 500Hz y 2500Hz. Pero dado que podría ser útil en algún momento estudiar componentes de hasta 15 kHz se provee en este primer diseño un rango de frecuencias de muestreo máximas que va desde los 4 kHz, hasta los 30 kHz.

## **1b - 2. Procesamiento**

La tecnología que mejor se adapta al desarrollo de este proyecto es la que surge a partir de los PIC's de la línea Microchip. Estos dispositivos son microcontroladores que a pesar de su simpleza de operación y estructura constructiva son muy poderosos. Como se mencionó previamente este proyecto se comenzó con la utilización del dispositivo 16F877A, pero por razones de rendimiento se optó finalmente por el dispositivo 18F46K20, proporcionando espacios de memoria más grandes, frecuencia de trabajo hasta 4 veces más alta y manteniendo todas las prestaciones del modelo anterior, tanto en lo que se refiere a módulos de comunicación como a funciones. Además con este último se ha logrado reducir el nivel de tensión de funcionamiento, lo que según notas del fabricante conllevará a un ahorro de energía importante a la hora de la puesta en funcionamiento.

A continuación se describirán los tres módulos de comunicación más importantes utilizados para este proyecto:

- Módulo SPI (Serial Peripheral Interface)

- Módulo MSSP (Master Synchronous Serial Port)
- Módulo ADC (Analog-To-Digital Converter)

### **1b - 3. Módulo SPI**

El modo SPI permite 8 bits de datos para ser transmitidos sincónicamente y recibidos simultáneamente. Para establecer la comunicación, son usados tres pines del microcontrolador:

- Serial Data Out (SDO).
- Serial Data In (SDI).
- Serial Clock (SCK).

Dado que se van a utilizar para comunicar con la tarjeta SD, éste será configurado con los siguientes parámetros:

- SPI modo Master.
- Velocidad de transmisión 5Mbps

### **1b - 4. Módulo MSSP**

El modo USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) es un modo de comunicación serie universal utilizado en muchas comunicaciones de índole local. El módulo MSSP permite la implementación de dicho modo mediante el estándar RS-232. En este caso éste es utilizado para la comunicación con el módulo GPS.

La configuración de este módulo será la siguiente:

- Modo Master.
- 8 bits de datos.
- Modo asincrónico.
- Baud Rate = 115200, error = 0,928\%.
- Deshabilitación de recepción única.
- Habilitación de recepción continua.

### **1b - 5. Módulo ADC**

Este módulo es una de las interfaces fundamentales a la hora de trabajar con variables analógicas, como es en este caso, el sonido. El módulo ADC del PIC en cuestión, consta con la posibilidad de trabajar con 8 canales de forma independiente entre sí. Recordemos que en esta primera etapa del proyecto se usarán solo dos, quedando los seis restantes para

futuras expansiones. Es este módulo el cual se encargará de la discretización de la señal de audio acondicionada a los niveles de tensión requeridos.

Ciertos estudios realizados previamente han demostrado que es suficiente una resolución de 256 niveles (8 bits). Si bien no se agregan complicaciones en el algoritmo para digitalizar a 10 bits, si se pierde aproximadamente el 50 % de la capacidad de almacenamiento (dos bytes por cada muestra). De cualquier manera esta es una de las características modificables por software que pueden ser fácilmente implementadas en caso de requerirse 10 bits de resolución. Esta información es la que se procesa y es redireccionada en forma adecuada a la posición establecida dentro de la tarjeta SD para la composición de audio de dos canales. Si bien la conversión la realiza con un reloj interno, la etapa de muestreo hay que imponerla mediante interrupciones de desbordamiento de contadores (RTCC).

Las configuraciones básicas respecto a este modulo son:

- Frecuencia de muestreo variable entre 4KHz y 30KHz (modificable por RTCC).
- Conversión a 8 bits de datos.
- Reloj del ADC de 20MHz.

#### **1b - 6. Etapa de Almacenamiento**

Como dispositivo de almacenamiento, y dentro de la misma línea de economía y accesibilidad del microprocesador, el uso de las memorias SD es muy común y comercialmente viable hoy en día. El inconveniente es que su manejo no resulta trivial, y ha sido una de las mayores inversiones en horas/hombre en el desarrollo del proyecto, debido a que hay un compromiso muy fuerte entre ancho de banda de audio, frecuencia de muestreo y velocidad con la que deben ser manejadas las memorias. Además se requiere extremo cuidado con cada uno de los bytes de la configuración de la misma, debido al estricto sistema operativo que las controla.

#### **1b - 7. Tarjeta de memoria SD (Secure Digital)**

Las tarjetas SD son dispositivos de almacenamiento muy versátiles debido a su gran capacidad y reducido tamaño y precio. Esto las convierte en una opción muy interesante a usar en dispositivos portátiles como teléfonos, agendas electrónicas o videojuegos. Desde el punto de vista técnico, éstas pueden trabajar mediante dos protocolos serie distintos: el protocolo SD propiamente dicho y el protocolo SPI. El primero de los protocolos es el más potente ya que permite más operaciones. Pero, por otro lado, el segundo es más fácil de implementar si se dispone de una interfaz SPI y es suficiente para los requerimientos de este primer desarrollo.

#### **1b - 8. TLibrería sd.c**

La librería *sd.c* es la base para poder utilizar este tipo de dispositivos. Si bien el proyecto contiene un gran porcentaje de programación, hay niveles en los cuales métodos de sistemas operativos entran en juego y es mejor dejarle lugar a rutinas ya probadas que proporcionaron este tipo de soluciones. Esta librería en particular provee comandos que van desde la inicialización de la tarjeta, hasta funciones que organizan la parte protocolar de los comandos a utilizar.

### **1b - 9. Descripción archivos .wav**

Sin entrar en detalle en la composición byte a byte de los archivos, se debe tener en cuenta que estos van a ser generados con las siguientes características:

- Dos canales de adquisición.
- Frecuencia de muestreo variable entre 4KHz a 30KHz.

Las características anteriores se han presentado a modo de ejemplo, el software propuesto permitirá las siguientes variables a ser programadas por el usuario:

- Número de canales de adquisición (en principio solo uno o dos).
- Frecuencia de muestreo.
- Cantidad de archivos por día.
- Horario de comienzo y corte de grabación.
- Duración de cada archivo.
- Estimación de duración de grabación total (depende de los parámetros anteriores).

### **1b - 10. Identificaciones archivos .wav**

La propuesta es generar una cantidad de archivos por día según el usuario lo requiera con la siguiente nomenclatura:

ddmmaa##.wav

Lo cual simplifica la idea de día, mes, año y número del archivo generado en el día.

### **1b - 11. Propuesta GPS**

Este agregado aportará un gran beneficio al usuario, dado que se podrá registrar la posición del animal de una forma muy simple, permitiendo, saber qué tipo de alimento ingirió, asumiendo que se conoce la ubicación de las diferentes pasturas.

### **1b - 12. Archivo .kml**



La idea implementada es la generación de un archivo de georreferenciación asociado a cada archivo de audio registrado. Este nuevo archivo comparte el mismo nombre, pero con diferente extensión (.kml). Dado que estos archivos son de texto puro, su utilización no significa un apreciable aumento en el consumo de memoria. El archivo de georreferenciación es de extensión .kml el cual es compatible con la aplicación Google Earth<sup>1</sup> Esta aplicación es fácil de obtener, gratuita y muy amigable a la hora de manipular coordenadas, ampliaciones de la vista, etc. En dicho archivo se podrá archivar la posición del animal (mediante GPS) hasta unas 200 veces por archivo de audio generado. Esto permitirá no solo la posición, sino también el horario exacto del comienzo de cada archivo y del muestreo de posición adjunto.

El archivo .kml almacena la posición del animal como pequeños *pinches* que se ven en una imagen de Google Earth, tal cual se ve en la figura 2.

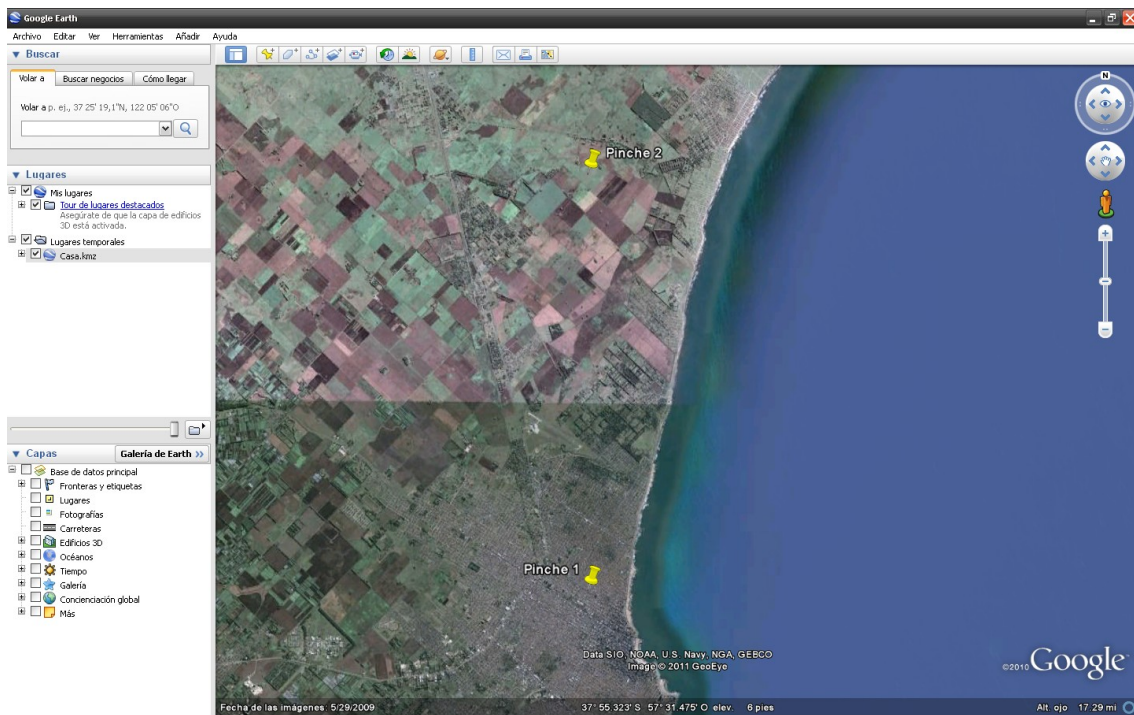


Figura 2

Cada *marca* representará un muestreo de la ubicación del animal. Para la apropiada identificación lo que se propone es nombrar a cada uno de estos pinches con el horario en que la ubicación ha sido tomada en la forma *hh:mm:ss*. El archivo de esta manera testeará una ubicación previo a comenzar a grabar (donde se conocerá el horario exacto de comienzo de grabación) y uno al finalizar (donde se sabrá el horario de término exacto de grabación), junto a todas las tomas de posición intermedias definidas por el usuario.

Dado que se pretende simplificar la búsqueda de los archivos, éste llevará el mismo nombre que el .wav asociado, solo que con otra extensión (.kml).

1 <http://www.google.es/intl/es/earth/index.html>

## 1b. Dispositivo para Parcelamiento virtual

En cuanto a las parcelas virtuales, un dispositivo que ya posee un GPS parecería ser fácilmente modificable para la implementación del parcelamiento virtual, sin embargo existen problemas serios a resolver. Uno de ellos es que el GPS entrega la posición del animal en coordenadas geodésicas, mientras que a partir de un punto de referencia, la parcela virtual será posiblemente establecida en coordenadas UTM

### **1b - 1.      Convertor de coordenadas geográficas-geodésicas en UTM**

La óptima representación y control del espacio geográfico destinado al pastoreo, se facilitarían si los datos recogidos por el sistema de posicionamiento son representativos de un espacio rectangular, es decir coordenadas cartesianas, que es lo que mejor se asemeja a la percepción que se tiene de un campo. De esta forma se podría representar el espacio en forma matricial, de manera que, cada elemento matricial representa una porción del terreno y cuyas distancias están equiespaciadas por ser un sistema de ejes lineales.

Como la tierra es un geoide, la forma de expresar las posiciones terrestres por el GPS es del tipo geodésica, es decir están representadas por variables como la latitud, la longitud, y altura geodésica. Poder representar diferentes áreas de la superficie en un sistema polar trae complicaciones, debido a que dichos valores arrojados por el GPS no solo dependen del lugar en la tierra donde se encuentre el animal, sino que no se puede hallar una relación lineal entre dos puntos diferentes.

En general, se podría decir que las coordenadas rectangulares se han creado para facilitar al usuario el uso del sistema de coordenadas, ya que el uso de las coordenadas geodésicas angulares tradicionales (el uso de grados, minutos y segundos) no es intuitivo, exige la realización de conversiones de grados a minutos de manera continua, resulta a veces desconcertante, y lo que es más importante, no permite realizar de una forma simple las estimas de las distancias que separan unos puntos de los otros. Esto es así porque cuando se usan las coordenadas angulares no existe una relación de distancias constante. Así, aún cuando la distancia medida entre los diversos meridianos (latitud) se mantiene prácticamente constante (un grado equivale a aproximadamente 110,4 km), no ocurre lo mismo con la longitud medida entre los paralelos. Cuando se mide un grado de longitud en el Ecuador, éste equivale a 110,4 km, supone 78,4 km en el paralelo 45, y es de sólo 41,6 km en el círculo polar ártico.

Las coordenadas angulares son, con mucho, las más elegantes de todas las coordenadas existentes a la hora de representarlas gráficamente en un globo terrestre, y son especialmente útiles cuando se trabaja con grandes distancias (travesías transoceánicas). Pero la realidad es que la navegación terrestre implica la mayor parte de las veces la interacción con sólo una pequeña parte de la Tierra, y entonces dejan de ser estrictamente necesarias. Por ello se busca representar un modelo geométrico (elipsoide) de la superficie terrestre en una superficie plana.

Entrando ya en el tema que atañe a este trabajo, hay que decir que para traducir coordenadas geográficas en UTM y viceversa existen diversos procedimientos. De entre ellos se destacan tres métodos entre los más utilizados:

- Utilizando las tablas de la Proyección UTM. Dichas tablas están incluidas, entre otras, en la siguiente publicación: Servicio Geográfico del Ejército de España (SGE), Sección de Geodesia (1976): Proyección Universal Transversa Mercator, SGE, Madrid. Consta de dos volúmenes: Vol. I: Sistemas conformes. Proyección U.T.M. Cuadrículas y Sistemas de referencia, (220 pp.) y Vol. II: Tablas, (331 pp.)
- Utilizando las fórmulas de transformación directa del US Army, publicadas en 1973 (véase el USGS Bolletín Num. 1532).
- Utilizando las fórmulas de Cotichia-Surace, el cual representa el método más fácil de programar. Dichas ecuaciones fueron planteadas por Alberto Cotticia y Luciano Surace en el “Bolletino di Geodesia e Science Affini”, Num. 1, y a ellos debemos la deducción de las ecuaciones que se utilizaran en este artículo. La precisión que se puede obtener ronda el centímetro cuando se utilizan suficientes decimales. En consecuencia, es imperativo que a la hora de programar utilicemos variables de coma flotante y doble precisión.

El módulo GPS a utilizar es el LS20033 de LOCOSYS, que puede verse en la figura 3. Este GPS, es el que se utiliza en los aviones de aeromodelismo para implementar pilotos automáticos. El módulo consta de un conector con 6 terminales.

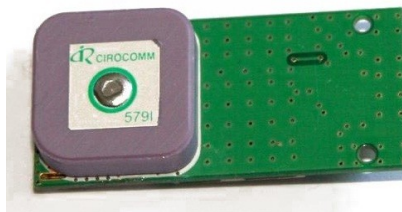


Figura. 3

## 1b - 2. Ecuaciones de conversión de coordenadas

La conversión de coordenadas geodésicas a cartesianas no es un cálculo trivial [9] y su implementación en la memoria de un microcontrolador es compleja. Las ecuaciones involucran el uso de una gran cantidad de decimales para lograr una precisión adecuada, esto hace que el microcontrolador usado en la adquisición de sonido, que trabaja con palabras de 8 bits, no sea el más adecuado para este caso. En su lugar, se usará el microcontrolador PIC32MX320F128H, a diferencia del 18F46K20, estos dispositivos pueden trabajar con operaciones de 32 bits, lo cual les da una potencia de cálculo similar a una PC de escritorio en lo que a operaciones matemáticas se refiere. Esto sumada a la gran cantidad de memoria de programa que posee permitirá el cálculo de cambio de coordenadas sin que este sea afectado por el error generado por el uso de aritmética de 8 bits,

## Resultados

El hardware electrónico del dispositivo de registro de sonido se encuentra finalizado en un 90 %. En la figura 4 se ve al prototipo del mismo. Falta en la imagen la batería de alimentación y la pantalla (display) que se ve en circuito está solo para fines de depuración del software. A pesar que resta al momento de esta publicación su implementación definitiva en un collar para su prueba en el campo, se puede apreciar su sencillez y tamaño compacto. Independientemente de esto, el dispositivo ya ha registrado archivos de audio, los ha etiquetado correctamente y ha registrado la posición de los mismos. Al ser esta una primera etapa del desarrollo, existen un número de características que pueden ser replanteadas o incluso nuevas que puedan ser implementadas. Este proyecto constituye básicamente el chasis de un sistema de adquisición genérico que podría usarse incluso para el estudio de parámetros vitales de un animal como puede ser el pulso, la temperatura o el desplazamiento. Desde ya, esto dependerá del uso que se le pretenda dar a este dispositivo.

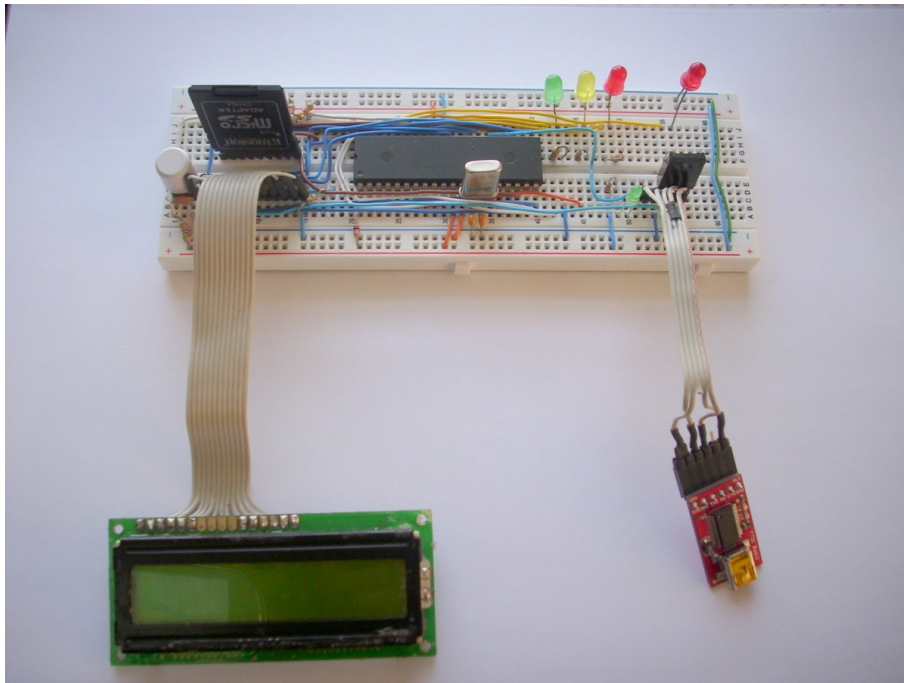


Figura 4

## Discusión

Como ya se mencionó previamente, ambos dispositivos no pretenden ser productos finales, sino plataformas para futuros desarrollos. El Laboratorio de Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, viene trabajando desde hace más de una década en el análisis y procesamiento de señales eléctricas. Habiendo incursionado hace tan solo un par de años en el área agropecuaria, es poca la experiencia que se tiene en este campo. Sin embargo se tiene la creencia que es mucho lo que se puede aportar en virtud del conocimiento acumulado en cuanto al desarrollo de dispositivos basados en microprocesadores y DSP's además del análisis de señales de audio.

## Agradecimientos

Se desea agradecer al Ing. Carlos Cangiano (INTA) por su colaboración y guía en este trabajo

## Referencias

- [1] Computational method for segmentation and classification of ingestive sounds in sheep . D.H. Milone, H.L. Rufiner, J.R. Galli, E.A. Laca, C.A. Cangiano
- [2] Milonea, D.H., Gallib,J., Martíneza,C., Rufinera,H., Lacad,E., Cangiano, C.: Reconocimiento automático de sonidos ingestivos en rumiantes. Proceedings of 37 JAIIO. Argentina. 2008.
- [3] Milone, D.H.,Padro, M.S., Galli, J.R., Cangiano,C.A., Rufiner, H.L.:Automatic recognition of ingestive sounds of cattle based on hidden Markov models.
- [4] [http://infouniversidades.siu.edu.ar%/noticia.php?titulo=descifran\\_los\\_sonidos\\_que\\_emiten\\_las\\_vacas\\_al\\_comer&id=135](http://infouniversidades.siu.edu.ar%/noticia.php?titulo=descifran_los_sonidos_que_emiten_las_vacas_al_comer&id=135)
- [5] Laca, E.A., WallisDeVries, M.F.: Acoustic measurement of intake and grazing behaviour of cattle.
- [6] Umemura, K., Wanaka, T., Ueno, T.: Estimation of feed intake while grazing using a wireless system requiring no halter.
- [7] Galli, J.R.: Medición Acústica del Comportamiento Ingestivo y del Consumo de Rumiantes en Pastoreo. Phd Thesis. 2008.
- [8] <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/124/12400705.pdf>
- [9] <http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-geograficas-utm-datum.pdf>

## Datos de Contacto:

Laboratorio de Comunicaciones. Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP)

Juan B. Justo 4302

7600 Mar del Plata Argentina

Te:+542234816600 ext. 251

Federico De La Cruz Arbizu

[federico.delacruz.arbizu@fi.mdp.edu.ar](mailto:federico.delacruz.arbizu@fi.mdp.edu.ar)

Gonzalo D. Aranda

[gonzalo.d.ar@hotmail.com](mailto:gonzalo.d.ar@hotmail.com)

Esteban L. González.

[elgonzal@fi.mdp.edu.ar](mailto:elgonzal@fi.mdp.edu.ar)

Alejandro J. Uriz.

[ajuriz@fi.mdp.edu.ar](mailto:ajuriz@fi.mdp.edu.ar)

Pablo Daniel Agëro.

[pdaguero@fi.mdp.edu.ar](mailto:pdaguero@fi.mdp.edu.ar)

Juan Carlos Tulli.

[jctulli@fi.mdp.edu.ar](mailto:jctulli@fi.mdp.edu.ar)