

Universidad Autónoma de Baja California  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA



**Diseño de un prototipo de electroencefalógrafo a partir de dispositivos KT88-3200 y tarjetas ADS1299EEG-FE**

**T E S I S**

**que presenta para obtener el grado de  
INGENIERO EN COMPUTACIÓN**

**Laura Elizabeth Aguilar Arreola**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DRA. OLIVIA MENDOZA DUARTE**

**CO-DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. ANTONIO RODRÍGUEZ DÍAZ**

**TIJUANA, B. C.**

**SEPTIEMBRE DE 2014**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA

FOLIO No. 144

Tijuana, B. C., a 02 de septiembre de 2014.

**C. Laura Elizabeth Aguilar Arreola**  
Pasante de Ingeniero en Computación  
Presente

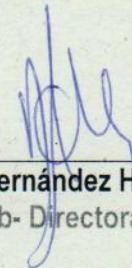
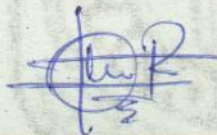
El tema de trabajo y/o tesis para su examen profesional, en la Opción: **Tesis** es propuesto por la **Dra. Olivia Mendoza Duarte y Dr. Antonio Rodríguez Díaz** quienes serán responsables de la calidad del trabajo que usted presenta, referido al tema: "Diseño de un prototipo de electroencefalógrafo a partir de dispositivos KT88-3200 y tarjetas ADS1299EEG-FE", el cual deberá desarrollar de acuerdo con el siguiente orden:

- I. Introducción
- II. Antecedentes
- III. Diseño del Prototipo de EEG
- IV. Experimentos y Resultados
- V. Conclusiones
- VI. Trabajo Futuro
- VII. Referencias



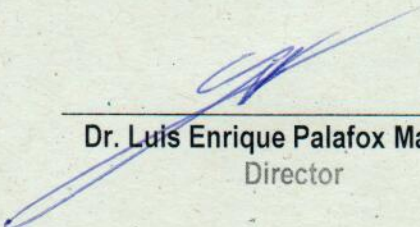
---

**Dra. Olivia Mendoza Duarte**  
**Dr. Antonio Rodríguez Díaz**  
Directores de Tesis



---

**Q. Noemí Hernández Hernández**  
Sub-Directora



---

**Dr. Luis Enrique Palafox Maestre**  
Director

**RESUMEN** de la Tesis de Laura Elizabeth Aguilar Arreola, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de INGENIERO EN COMPUTACION. Tijuana, Baja California, México. Septiembre de 2014.

**Diseño de un prototipo de EEG utilizando ADS1299EEG-FE**

Resumen aprobado por:



---

Dra. Olivia Mendoza Duarte  
Director de tesis



---

Dr. Antonio Rodríguez Díaz  
Co-Director de Tesis

**Resumen:** En esta tesis se describe el diseño de un electroencefalógrafo a partir de los dispositivos KT88-3200 y las tarjetas ADS1299EEG-FE como parte del proyecto de Desarrollo de un Sistema Inteligente para la detección de TDA/TDAH basado en la lectura de EEG. Estos son los sistemas que serán utilizados para hacer los electroencefalogramas para recaudar información para este proyecto y crear un aparato prototipo para capturar un electroencefalograma.

**Abstract:** In this thesis is described the design of an electroencephalograph with the KT88-3200 system and the ADS1299EG-FE evaluation modules. These systems will be used to obtain electroencephalograms which will be needed for the project for the design of an intelligent system for the detection of ADHD, based on those EEGs, and developed using artificial intelligence and computer science techniques.

## **Agradecimientos**

Agradezco a la Dra. Olivia Mendoza Duarte por su apoyo en la creación de esta tesis y por aconsejarme durante el proceso. También quisiera agradecer al Dr. Antonio Rodríguez Díaz por darme la oportunidad de unirme a sus proyectos (aun cuando apenas aprendía a programar), y al M.C. Mauricio Sánchez Herrera por guiarme durante el proyecto y dejarme hacer todas las preguntas que quisiera (aunque estas no fueran relevantes al tema). Quisiera agradecer al Dr. Juan Ramón Castro Rodríguez, Dr. Raúl Ortiz Monasterios, M.C. María Evangelina Herrán Paz y demás miembros del Cuerpo Académico de Inteligencia Computacional por permitir unirme a su equipo y ser parte de los maravillosos proyectos que se están llevando a cabo actualmente en la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería.

Me gustaría agradecer a la Universidad Autónoma de Baja California, por proveer un espacio de aprendizaje tan diverso y permitirme trabajar al lado de personas con tantos conocimientos y talento, por permitirme convivir y aprender de ellos.

Finalmente, un agradecimiento especial a María de Jesús Arreola Cisneros, mi mamá, por siempre creer en mí y darme su apoyo incondicional.

# Contenido

<b>Resumen .....</b>	<b>2</b>
<b>Agradecimientos .....</b>	<b>3</b>
<b>Contenido .....</b>	<b>4</b>
<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>6</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>7</b>
<b>I. Introducción .....</b>	<b>9</b>
A. Objetivo .....	11
B. Justificación.....	11
<b>II. Antecedentes.....</b>	<b>12</b>
A. Electroencefalogramas.....	12
B. Sistema International 10-20 .....	13
C. Importancia del análisis de EEGs .....	14
C.1 Detección de hiper-sincronización de fase en EEG .....	14
C.2 El vertex.....	15
C.3 Imagen característica de una hiper-sincronización .....	15
C.4 Importancia de los niveles de voltaje en las hiper-sincronizaciones.....	18

D. KT88-3200.....	20
E. Tarjetas ADS1299EEG-FE .....	20
F. Bus SPI.....	22
<b>III. Diseño del prototipo de EEG.....</b>	<b>24</b>
<b>IV. Experimentos y resultados.....</b>	<b>24</b>
A. Experimentos realizados con el KT88-3200.....	24
B. Experimentos realizados con las tarjetas ADS1299EEG-FE .....	31
<b>V. Conclusión .....</b>	<b>37</b>
<b>VI. Trabajo Futuro .....</b>	<b>38</b>
<b>VII. Referencias .....</b>	<b>39</b>

## Índice de Tablas

**Tabla 1. Tipos de ondas cerebrales.....12**

**Tabla 2. Especificaciones técnicas para Señales Eléctricas Cerebrales .....19**

# Índice de Figuras

<b>Figura 1: Sistema 10 - 20 .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2: Señal de un EEG donde se muestra una hiper-sincronización .....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 3: Mapa topográfico de un instante tipo reset .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 4. KT88-3200 .....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 5. Configuración de pines .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 6. SPI esclavo.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 7: Equipos conectados en cascada .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 8: Primera Prueba.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 9. Segunda Prueba .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 10. Segunda Prueba (II) .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 11. Electrodos Perdidos.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 12. Tercer Prueba .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 13. Cuarta Prueba.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 14. ADS1299EEG-FE Kit.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 15. Configuración Daisy Chain.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 16. DIN 42-802 Tipo BU.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 17. Esquemática del ADS1299EEG-FE .....</b>	<b>34</b>

**Figura 18. JB 65 Electronic Instrument Case .....35**

## I. Introducción

El estudio de ondas cerebrales tomadas con electroencefalógrafo resulta de gran utilidad para neurólogos, neurocirujanos y otros especialistas que requieran tener una evidencia de la actividad eléctrica del cerebro de sus pacientes, como un apoyo en el diagnóstico de trastornos de conducta, trastornos de aprendizaje, epilepsia y déficit de atención con o sin hiperactividad (TDAH), entre otros.

Este proyecto de tesis se une a varios esfuerzos realizados por el Cuerpo Académico Inteligencia Computacional de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, quienes trabajan en colaboración con el neurocirujano Raúl Ortiz-Monasterio, para comprender el comportamiento de las conexiones de los circuitos cerebrales, en base a su vasta experiencia.

Para realizar una serie de estudios y crear un almacén de datos de electroencefalogramas para su posterior análisis, se pretende construir dispositivos de bajo costo, portátiles y lo suficientemente confiables para recabar la lectura de la actividad cerebral de personas con varios propósitos.

El primer estudio que ya se ha iniciado, tiene como propósito detectar señales híper-sincrónicas en los electroencefalogramas. Este tipo de señales se asocian al TDAH, debido a una desconexión temporal de todos los circuitos, seguido de una conexión aleatoria, lo que provoca en el paciente falta de concentración y necesidad de cambiar de actividad constantemente.

Estas señales se ven claramente cuando el electrodo cercano al vertex se toma referencia, práctica que no se encuentra documentada, de ahí la importancia de realizar estudios al respecto.

La construcción de dispositivos es necesaria debido a que los que se presentan a la venta para consultorios médicos son de un alto costo, lo que limita la realización de una gran cantidad de lecturas necesarias para construir un almacén de datos lo suficientemente grande para analizarlo y detectar patrones aplicando inteligencia computacional.

El desarrollo de equipo médico como el aparato KT88-3200 para la toma de electroencefalogramas es una herramienta útil para los médicos para visualizar la actividad cerebral y determinar si está dentro de un rango normal o si presenta una patología.

Esta tesis describe los experimentos realizados para el desarrollo de un prototipo para el mapeo digital de ondas eléctricas cerebrales utilizando la tarjeta de evaluación de Texas Instruments ADS1299EEG-FE, y la con el KT88-3200, utilizado para la toma de electroencefalogramas.

## A. Objetivo

El objetivo de esta tesis es describir el diseño de un prototipo de un electroencefalógrafo que sea de bajo costo, pero a la vez confiable y útil para el propósito, que es el registro de actividad eléctrica cerebral. Para hacer esto, también se buscó conocer de antemano equipos ya existentes, como el KT88-3200, y estudiar su funcionamiento general.

## B. Justificación

Los avances tecnológicos ayudan cada vez más a la detección y tratamiento de enfermedades y problemas médicos. Las aplicaciones computacionales en la medicina son de especial interés para el ingeniero en computación, ya que se pueden aplicar las habilidades adquiridas en matemáticas, circuitos eléctricos, circuitos digitales, procesamiento de señales, programación, microprocesadores y automatización.

## II. Antecedentes

A continuación se hablará un poco de los conceptos relacionados con el trabajo realizado.

### A. Electroencefalogramas

Los electroencefalogramas son herramientas comúnmente utilizadas para la detección de patologías o posibles problemas en el funcionamiento de un individuo. La Electroencefalografía es el registro y evaluación de los potenciales eléctricos generados por el cerebro y obtenidos por medio de electrodos situados sobre la superficie del cuero cabelludo [1]. Por medio de estos, se producen los encefalogramas, que son registros de estos potenciales eléctricos.

Las fluctuaciones de voltaje observadas en los electroencefalogramas se dividen en rangos de frecuencias:

*Tabla 1. Tipos de ondas cerebrales.*

Onda	Frecuencia (Hz)
Delta $\delta$	Hasta 4
Theta $\theta$	4 - 7
Alpha $\alpha$	8 - 12
Beta $\beta$	13 - 30
Gamma $\gamma$	30 - 100+

Es a través de la interpretación de los mapas que crean estas distintas ondas que se puede saber si un paciente tiene o no indicios de TDA/TDAH. El equipo de electroencefalografía se conecta por medio de electrodos al paciente, y se graban las ondas detectadas. Para la toma de los EEGs, se utilizará el sistema 10 – 20. Una vez concluida la toma de del EEG, se pueden generar mapas con esa información para ser analizados por un médico experto.

## B. Sistema internacional 10 – 20

El sistema internacional 10-20 es un método reconocido de posicionamiento de electrodos sobre el cráneo. Este sistema fue creado con el propósito de dar más control a las condiciones de toma de EEGs o poder repetir esas condiciones, especialmente en el ámbito científico y de investigación. La nomenclatura y posición de los electrodos fue estandarizada por la Asociación Americana de Electroencefalografía (American Electroencephalographic Society).

El sistema se basa en la relación entre la ubicación de los electrodos y el área cerebral sobre el cual son situados, como se muestra en la figura 1. En este sistema, la distancia entre un electrodo y otro será el 10 % o 20% de la distancia de izquierda a derecha del cráneo, o de enfrente hacia atrás. Se toman como referencia el inion (una protuberancia en la base del cráneo) y el nasion (una depresión entre los ojos, arriba de la nariz) [2].

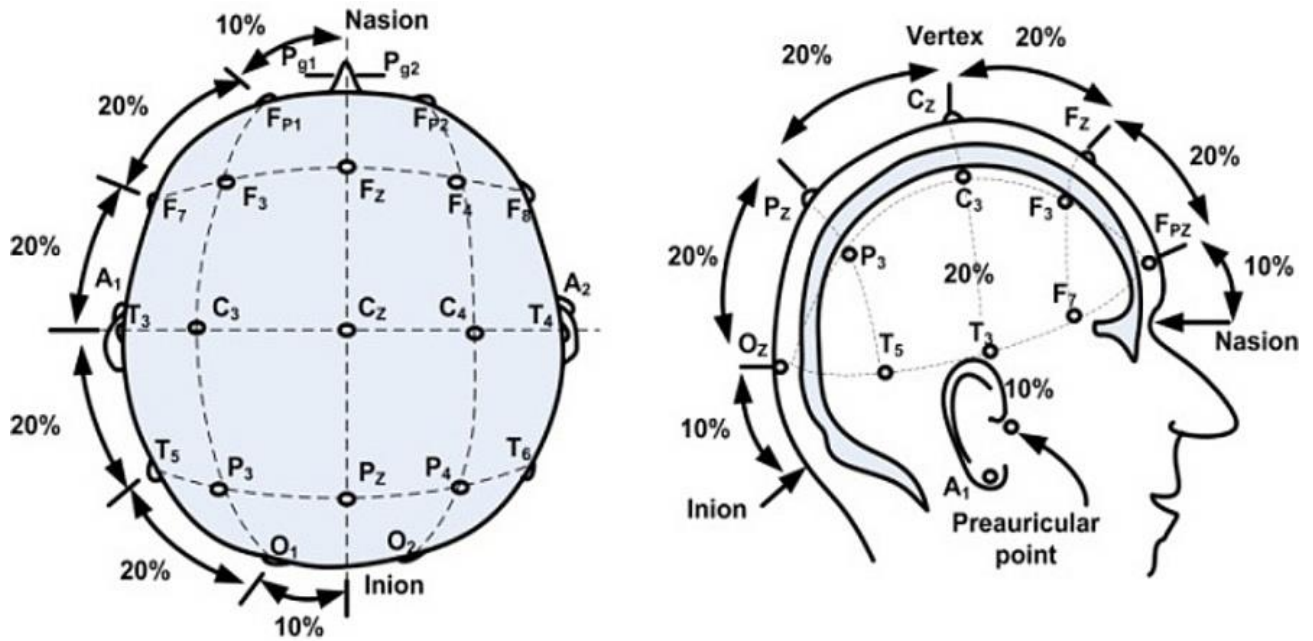


Figura 1. Sistema 10 - 20

## C. Importancia del análisis de EEGs

### C.1 Detección de hiper-sincronizaciones de fase en EEG

El término hiper-sincronización se refiere a un fenómeno observable en los electroencefalogramas donde aparece una sincronía en la fase de onda de todos los electrodos en el mismo instante. Este suceso puede compararse con el reinicio de un circuito al hacerle un *reset*. Este tipo de alteraciones se ha documentado como resultado de estudios en pacientes con trastornos como el autismo en donde lo relacionan los cambios de fase del voltaje entre el área pre-frontal y las demás áreas del cerebro, calculando las derivadas de la curva para su análisis [3].

También se han documentado estudios donde estos instantes son analizados para diferenciar el diagnóstico de epilepsia contra otros trastornos no epilépticos que pueden causar convulsiones [4].

La explicación biológica de la aparición de estos instantes es que las neuronas pueden cambiar de polaridad para hacer que la corriente eléctrica fluya en diferentes sentidos como un mecanismo de defensa cuando los circuitos cerebrales se sobrecargan, lo cual puede tener diferentes causas, es por eso que su correcto análisis es muy relevante [5].

## C.2 El vertex

Al realizar el análisis de los voltajes capturados en el EEG, se puede elegir qué electrodo será usado como referencia, por lo que las gráficas no siempre representan el voltaje capturado respecto a una tierra física.

Según la experiencia como especialista en diagnóstico por EEG del Dr. Raúl Ortiz Monasterio, la mejor forma de encontrar instantes tipo "reset" es tomando como referencia el vértex, mismo que se sitúa en la posición CZ del sistema internacional 10-20.

## C.3 Imagen característica de una hiper-sincronización

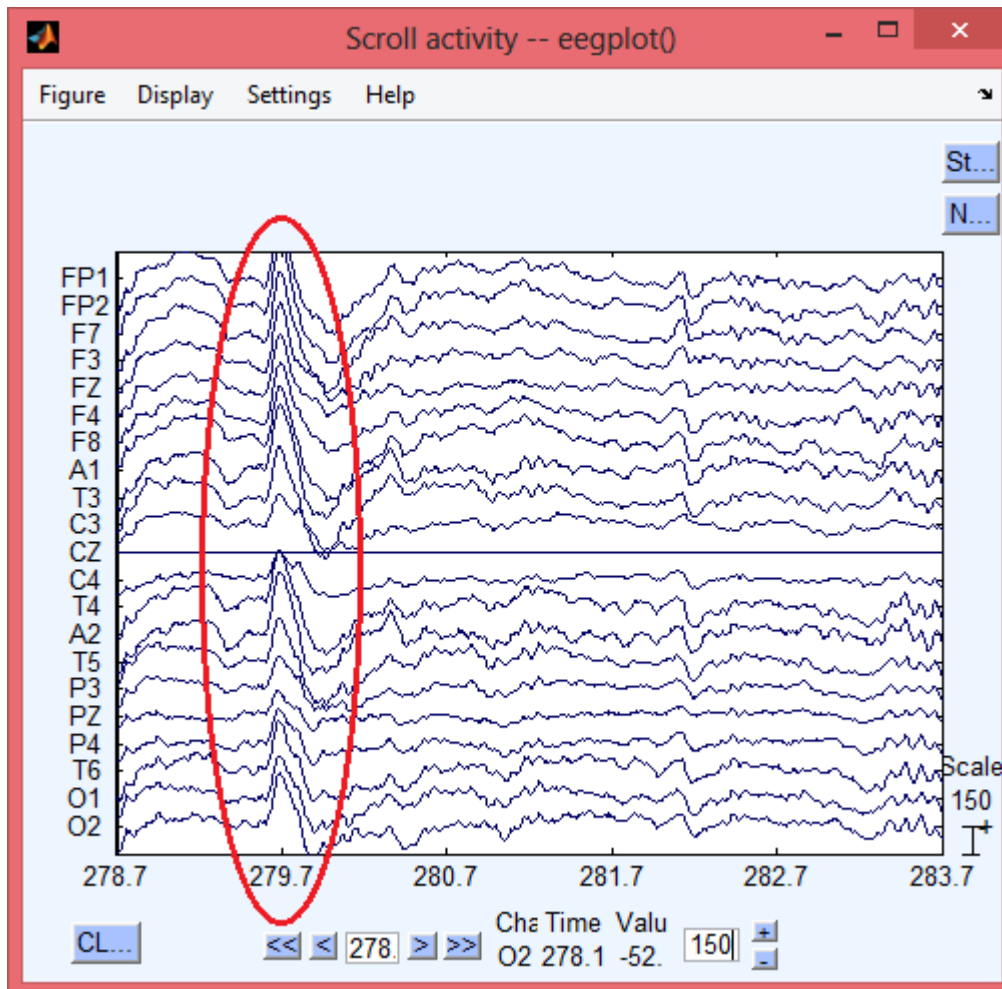
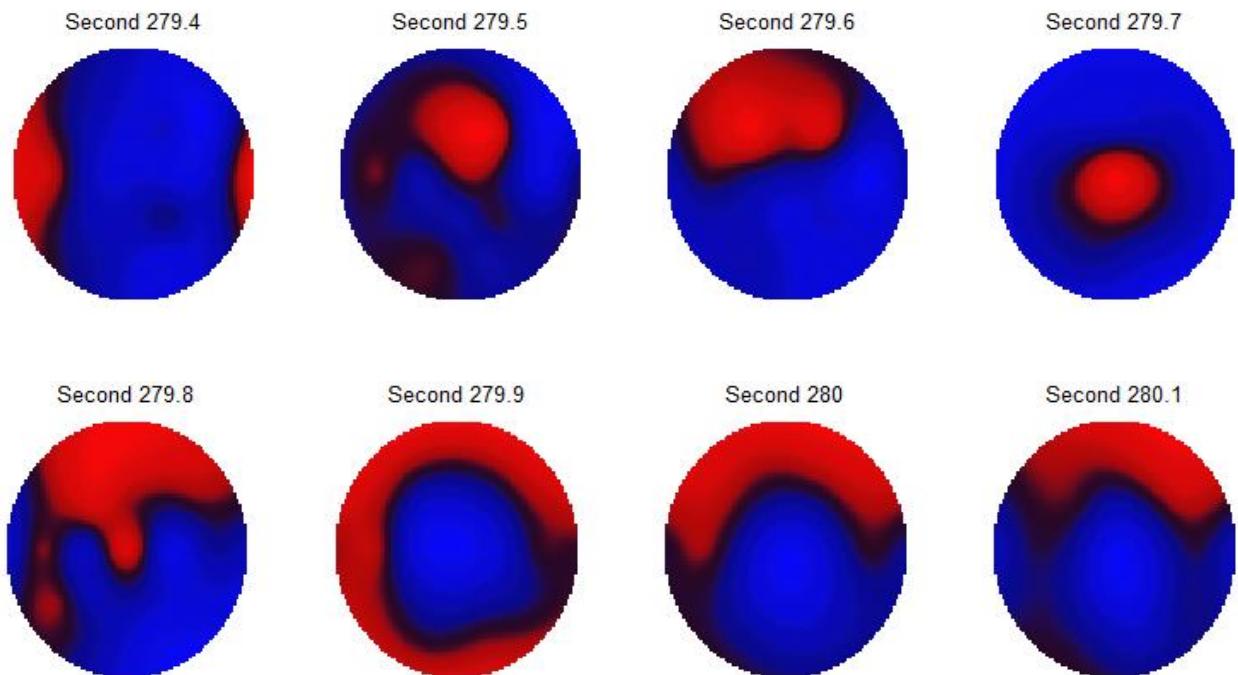


Figura 2. Señal de un EEG donde se muestra una hiper-sincronización

En la figura 2, es posible ver la señal de EEG que indica una hiper-sincronización, o *reset* en el segundo 279.7. Para encontrar un instante de reset tomando como referencia el vertex, buscamos una hiper-sincronización de fase de los voltajes de los electrodos con respecto al electrodo CZ derivación de vertex.

Los mapas topográficos de varios instantes mostrados en el segmento de EEG de la Figura 2, se muestran en la Figura 3.

El mapa de colores en la imagen del instante 279.7 va desde un rojo claro en el centro de la imagen que es donde se sitúa el electrodo CZ, por lo tanto tenemos un voltaje muy cercano a cero por tomarse como referencia, y con azul claro en las orillas de la imagen, lo que indica una diferencia de voltaje alto en todos los electrodos exceptuando el CZ.



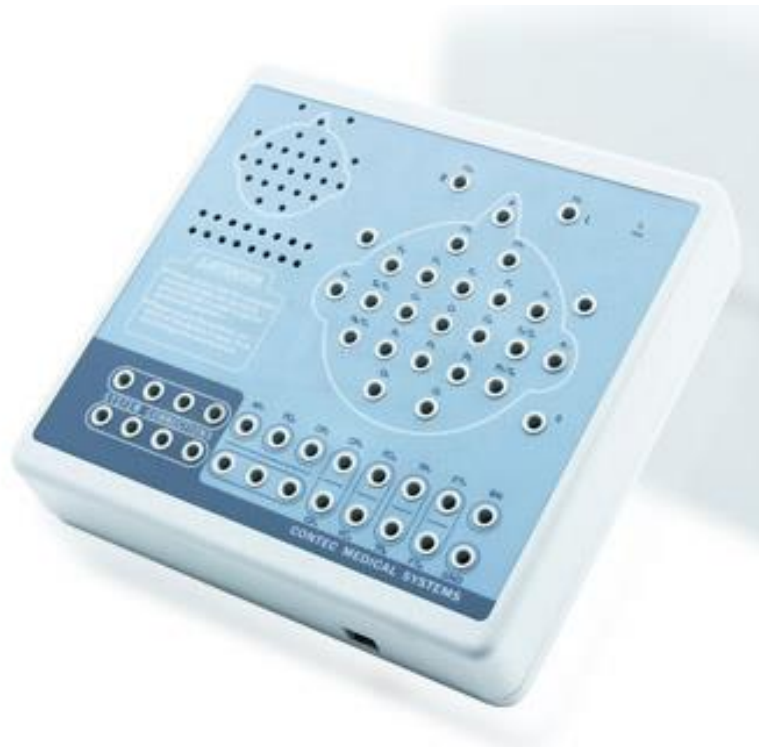
*Figura 3. Mapas topográficos de instantes de un EEG donde se muestra una hiper-sincronización en el segundo 279.7*

#### C.4 Importancia de los niveles de voltaje en las hiper-sincronizaciones

Para el estudio de patologías, los niveles de voltajes presentes durante el instante de hiper-sincronización son alarmantes, ya que existe la posibilidad de que estos causen daños al paciente [6]. Por eso, es importante este tipo de estudios para determinar si un paciente necesita de medicamento y atención médica para resolver el problema.

#### D. KT88-3200

El KT88-3200 es un dispositivo para el mapeo digital de actividad eléctrica cerebral. Tiene un total de 32 canales para EEG, aunque viene con opciones para menos canales, dependiendo de lo que necesite el usuario [7].



*Figura 4. KT88-3200*

*Tabla 2. Especificaciones técnicas para Señales Eléctricas Cerebrales*

<b>Voltaje de calibración: señal sinodal 5mm / 50<math>\mu</math>V; error: <math>\pm</math> 5%</b>
<b>Velocidad de Barrido: 30mm/s<math>\pm</math>5%</b>
<b>Nivel de Ruido: <math>\leq</math>5<math>\mu</math>V</b>
<b>CMRR: <math>\geq</math>90dB</b>
<b>50 Hz Interference Suppression: <math>\geq</math>30dB</b>
<b>Características de Frecuencias: 0.8Hz~30Hz, -3dB ,50<math>\mu</math>V AC sinodal</b>
<b>Resistencia al Voltaje de Polarización: Agregar <math>\pm</math> 300mV DC voltaje de polarización, y con desviación es menor de <math>\pm</math> 5%</b>

## E. Tarjetas ADS1299EEG-FE

EL ADS1299EEGFE-PDK es un kit de evaluación para el ADS1299, un convertidor análogo-digital de 8 canales con un amplificado programable integrado, referencia interna y oscilador. Esta tarjeta es utilizada ya que sus características cumplen los requerimientos comunes para aplicaciones relacionadas con la electroencefalografía. El sitio de Texas Instruments también proporciona una aplicación/interfaz en Labview para visualizar capturas de la tarjeta.

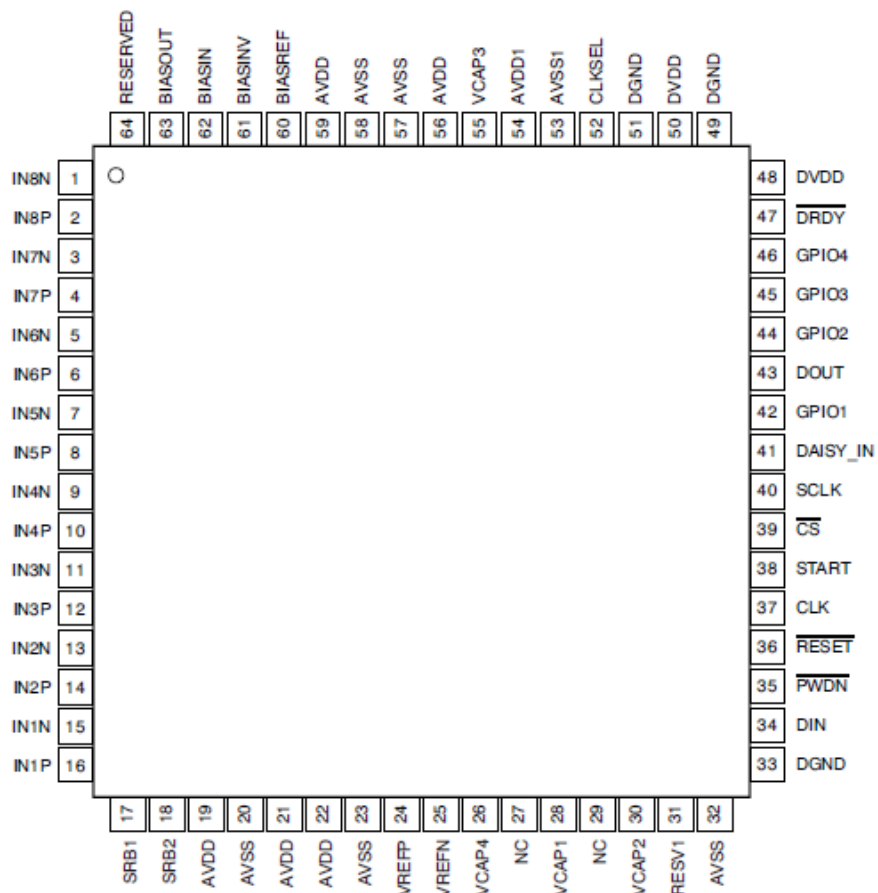


Figura 5. Configuración de pines

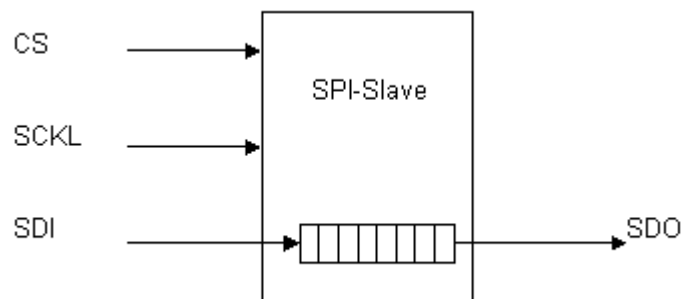
El chip ADS1299 es un convertidor de señales análogo-digital de 24 bits, contiene un multiplexor programable que le permite realizar diferentes funcionalidades, como la medición de temperatura, suministra y bias. El multiplexor también permite programar las entradas de electrodos como guía de referencia [8].

Dentro de la configuración el chip, el pin de START puede ser utilizado para sincronizar el chip con otros, por ejemplo, en nuestro proyecto donde es necesario de 3 tarjetas trabajen en conjunto para la captura de información. Los convertidores análogo-digitales pueden ser programados a muestreo de 250 a 16 SPS. Contiene cuatro pines GPIO de entrada y salida general, con una interfaz de comunicación compatible con SPI [8].

En el kit de evaluación, el chip ADS1299 viene conectado sobre el módulo de evaluación MMB0. El módulo de evaluación contiene un reloj, un oscilador, amplificador bias y permite la conexión a la computadora a través de un puerto USB. La tarjeta MMB0 viene integrada con resistores y otros elementos eléctricos para facilitar y utilizar inmediatamente el equipo.

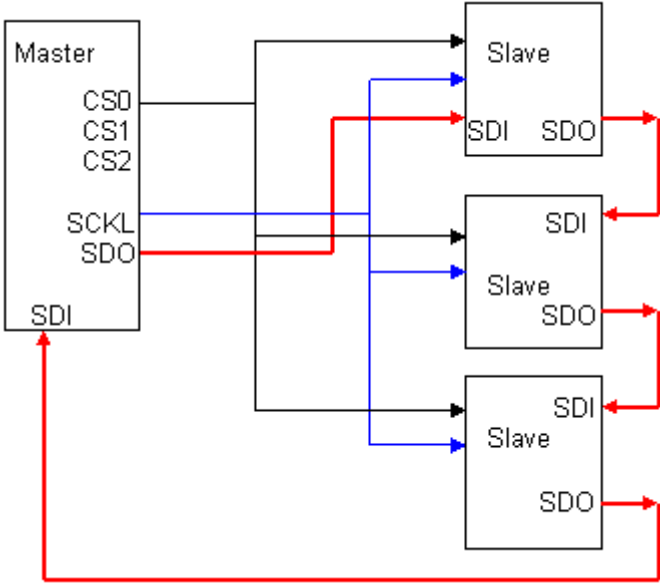
## F. Bus SPI

SPI (*serial peripheral interface* en inglés) es un método de comunicación serial utilizado por dispositivos Motorola y compatibles. Es utilizado principalmente para comunicación serial sincronizado. El funcionamiento de una SPI esclavo o cliente depende de 2 líneas de control y 2 líneas de datos. CS es la entrada de chip select, que dice es ese dispositivo es el seleccionado, SCLK es el reloj (que debe ser el mismo que el maestro para que ambos aparatos estén en sincronía), SDI y SDO sirven como la entrada y salida de datos (respectivamente), que se utiliza para enviar los datos en cascada. La entrada sería la salida del aparato precedente, y esta salida SDO se conectaría a un tercer dispositivo [9].



*Figura 6. SPI esclavo [9]*

En la comunicación SPI, el dispositivo Maestro es aquel que va a proveer la señal de reloj y el estado del chip (si es el seleccionado o no). Cuando se conectan varios dispositivos, estos funcionan y se pueden visualizar como un solo aparato.



*Figura 7. Equipos conectados en cascada*

### **III. Diseño del prototipo de EEG**

El proyecto en sí consiste en la creación de un prototipo para la captura de señales eléctricas cerebrales. Para la toma de estos electroencefalogramas, se adquirieron 2 equipos distintos: el aparato de mapeo digital de ondas eléctricas cerebrales KT88-3200, y 3 tarjetas de evaluación ADS1299, con las que se deseó ensamblar un EEG.

Se desea crear un aparato de mapeo digital de ondas eléctricas cerebrales para capturar señales cerebrales en un electroencefalograma de bajo costo. Esto se haría con las 3 tarjetas de evaluación ADS1299 FE, ensambladas y conectadas para capturar 24 señales desde electrodos conectados a la cabeza del paciente. También es necesario crear un estuche o contenedor para el aparato, ya que será usado en distintos casos experimentales.

### **IV. Experimentos y resultados**

#### **A. Experimentos realizados con el KT88-3200**

Los experimentos realizados con el KT88-3200 fueron principalmente para familiarizarse con el equipo y funcionamiento general de los equipos de EEG. Se realizaron un total de 4 pruebas con este equipo. Al principio, la dificultad era que no se presentaba un señal clara, y en las primeras 3 pruebas, aparecía demasiado atenuada.

Cada prueba tomó aproximadamente 1 hora. Se tarda alrededor de 25 o 30 minutos en el posicionamiento de los electrodos sobre la cabeza del sujeto. Se ajusta una especie de red en la cabeza del sujeto de prueba, que es para mantener los electrodos en su lugar, y dar un estimado de su posicionamiento. Se debe medir el cráneo para determinar la posición de los electrodos. Finalmente, se van conectando uno por uno y poniendo un gel adhesivo que ayuda a los electrodos de plata tener una mejor recepción de las fluctuaciones de voltaje en las ondas cerebrales.

Se les instruyó a todos los sujetos que su cabello estuviera limpio antes de realizar el electroencefalograma, que utilizaran jabón neutral. Adicionalmente, se limpiaba el cuero cabelludo con alcohol en la ubicación del electrodo antes de ponerlo.

Para la primera prueba, se enfocó en aprender a utilizar correctamente el aparato y su interfaz.



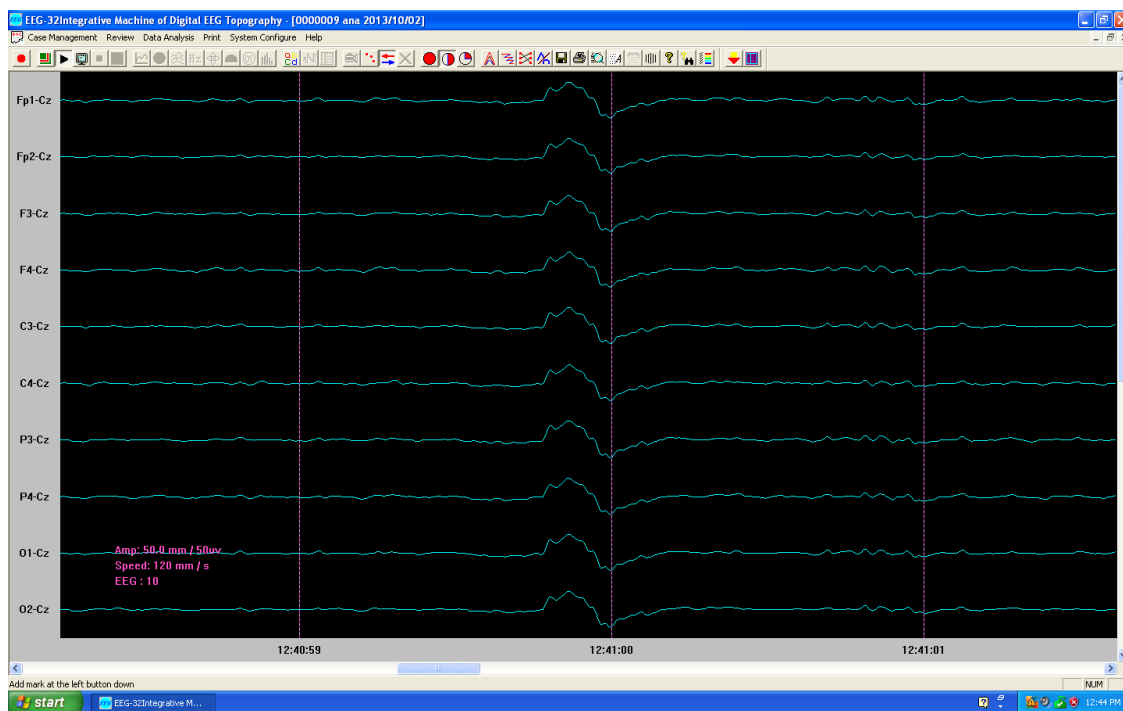
*Figura 8: Primera Prueba*

Se conectaron 19 canales en esta prueba. La muestra obtenida se presentaba muy atenuada, y no fue viable. Se utilizó esta prueba para poder explorar las opciones del programa para análisis de señales del KT88-3200. Es posible tomar distintas referencias entre nodos o distintos arreglos entre estos. También existen varias opciones para presentar visualmente la información obtenida.

Para la segunda prueba, solo se conectaron 11 canales. De igual forma se preparó al sujeto, pero los datos obtenidos no fueron buenos (no se presentaba una señal), y los resultados no fueron viables.



*Figura 9: Segunda Prueba*



*Figura 10: Segunda Prueba (II)*





*Figura 12: Tercer Prueba*

La cuarta prueba se llevó a cabo en presencia del Dr. Raúl Ortiz Monsterio. Se logró obtener una señal viable, y el doctor pudo hacer un diagnóstico sobre el sujeto. Se tomó también un EEG en la oficina del doctor, para comparar el resultado, y se concluyó que en general, estaba funcionando correctamente el sistema. La voluntaria durmió durante la toma del EEG.



*Figura 13: Cuarta Prueba*

## B. Experimentos realizados con las tarjetas ADS1299EEG-FE

Se investigó el funcionamiento de las tarjetas examinando el manual de usuario, y se prepararon para uso. Se instalaron (soldaron) 5 pines, ya que se determinó que se necesitarían para la conexión en Daisy Chain de las tarjetas. Se decidió que se utilizarán inicialmente las 3 tarjetas ADS1299EEG-FE, lo que resultara en la captura de 24 canales de señales (habiendo 8 canales en cada una), con una tarjeta funcionando como maestro y las otras dos en modo esclavo [10].



*Figura 14. ADS1299EEG-FE Kit*

Para la conexión en Daisy Chain, se necesitarán compartir 4 señales entre las tarjetas: DIN, DOUT, SCLK, y  $\overline{\text{CS}}$ . El Daisy\_IN se utiliza para conectar una tarjeta con otra y pasar así la información obtenida a través de los canales. Sobre la tarjeta, el pin 8 sobre el J5 contiene el Daisy\_IN. Conectadas como mostrada en la Figura 5, debemos obtener la señal de la primera tarjeta, la segunda y la tercera, en ese orden. Funcionaran como un solo dispositivo de 24 canales, y así irán registrando de manera sincronizada las señales.

Cuando se encuentre en Daisy Chain, se debe utilizar el modo de Lectura Múltiple. Se debe activar el bit DAISY\_EN a '1' en el registro CONFIG1 a 1 para habilitarlo (en todas la tarjetas utilizadas).

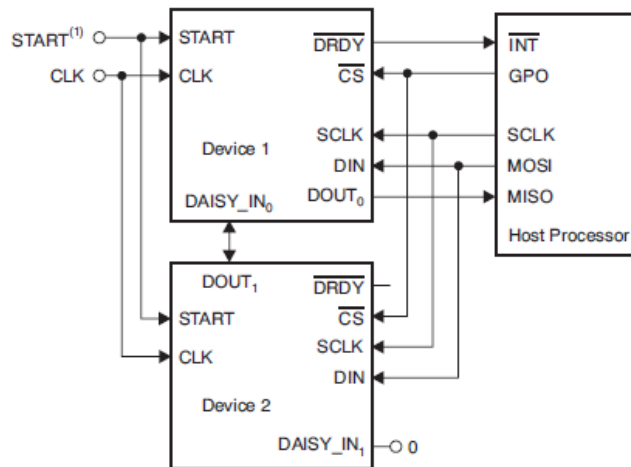


Figura 15. Configuración Daisy Chain [10]

Una vez establecida la configuración necesaria para el funcionamiento deseado en las tarjetas, se buscaron los distintos elementos para conformar el prototipo. En el laboratorio, se contaba ya con electrodos de punta de plata, que se han utilizado ya con el equipo KT88-3200, y servirán para este equipo también.

Los conectores que se deben instalar para comunicar los electrodos a las tarjetas son de tipo DIN 42-802 Tipo BU. Estos son de una mediada de 1.5mm, y estándar para la mayoría de los aparatos de captura de señales eléctricas. Nuestro objetivo con esto es que el aparato sea similar a otros aparatos ya existentes al usuario final, sin necesidad de conocer el funcionamiento interno de las tarjetas.



*Figura 16. DIN 42-802 Tipo BU*

Los conectores elegidos son de la compañía Plastics1[11], son similares a los mostrados en la Figura 6. Estos se soldaran a la tarjeta en los canales de entrada.

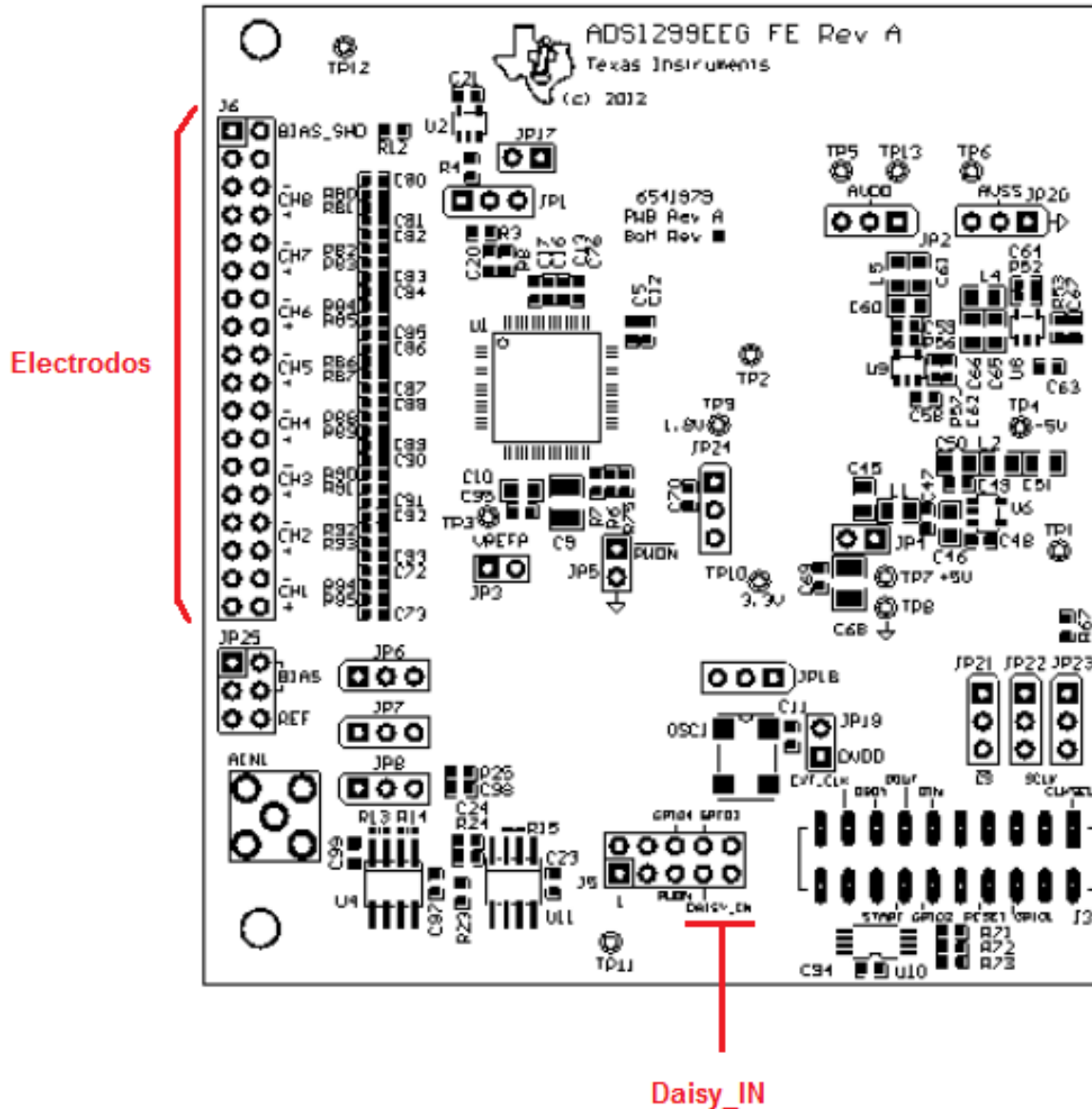


Figura 17. Esquemática del ADS1299EE-FE[10]

El dispositivo a armar será contenido en un estuche para proteger las tarjetas de posibles movimientos o daños durante su uso. Para esto, se decidió utilizar una caja de plástico de la compañía Polycase. Estas cajas son de 171.45 x 158.75 x 41.40 mm, y se usará 1 para cada tarjeta. Para permitir la interconexión de las tarjetas, es necesario perforar las cajas para permitir las líneas de entrada de datos, reloj, energía, y montar los *plugs* para que solo se conecten los electrodos cuando se vaya usar el aparato.



*Figura 18. JB 65 Electronic Instrument Case [12]*

Debido a que se intenta crear un prototipo independiente, sobre el cual se tenga control complete, también se investigó la creación de un driver. Existen otros proyectos que utilizan el chip ADS1299 como base para sus aparatos de captura de señales eléctricas neuronales. Uno de estos proyectos es OpenBCI [13]. El proyecto OpenBCI utiliza el ADS1299 conectado sobre un Arduino, y un software y driver que son código abierto.

Esta es una de las posibilidades para la creación futura del driver para este aparato. Lamentablemente, no se pudo lograr un avance sobre ese aspecto del proyecto.

## V. Conclusión

Por una parte, se logró poner en marcha correctamente el KT88-3200. Se pudo obtener un electroencefalograma completo y viable. El electroencefalograma fue tomado en condiciones correctas (el sujeto dormido), con un paciente prueba (un alumno voluntario de la Universidad). Ya es posible comenzar a hacer pruebas sobre los pacientes del estudio en cuestión, para avanzar el proyecto.

La utilización de las tarjetas de evaluación ADS1299EEG-FE es de gran ayuda, ya que vienen listas para ser utilizadas con la configuración predeterminada. En caso de querer cambiarla, el manual ayuda a guiar al usuario para hacerlo fácilmente. El problema principal con las tarjetas es el uso de la interfaz en Labview, que es dada para ser usada y no modificada.

La creación de este aparato ayudará al equipo a realizar estudios y experimentos, por lo que es un elemento importante en el objetivo conjunto del cuerpo académico. Sin embargo, es necesario que existan personas con distintos conocimientos (especialmente electrónicos, pero también de diseño, etc.) para el proyecto.

## **VI. Trabajo futuro**

La etapa siguiente del proyecto es el ensamblado físico, una vez que se hayan obtenido los componentes previamente determinados. Para esto, se necesitara, por ejemplo, perforar los contenedores de las tarjetas y montar sobre ellas los conectores para poder usar los electrodos estándar.

La parte más compleja en el trabajo futuro es prevista a ser la creación del driver. Se necesitara ya sea basarse en uno ya existente (OpenBCI o OpenEEG, por ejemplo) o crear uno desde cero, debido a que el que nos provee Texas Instruments es cerrado y propietario.

## VII. Referencias

- [1] Barea Navarro, Rafael. *Instrumentación Biomédica: Electroencefalografía*. Departamento del Electrónica, Universidad de Alcalá.  
<http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%205%20-%20electroencefalografia.pdf>
  
- [2] Mansor, Wahidah, Shaifulrizal Abd Rani, Mohd , Wahy, Nurfatehah. *Integrating Neural Signal and Embedded System for Controlling Small Motor*.  
<http://www.intechopen.com/books/advances-in-mechatronics/integrating-neural-signal-and-embedded-system-for-controlling-small-motor>
  
- [3] Robert W. Thatcher, Duane M. North, James Neubrandner, Carl J. Biver, Stewart Cutler, Phillip DeFina, (2009), Autism and EEG Phase Reset: Deficient GABA Mediated Inhibition in Thalamo-Cortical Circuits, *Developmental Neuropsychology*, Vol. 34, Iss. 6, 2009, Pages 780-800.
  
- [4] Balu Krishnan, Aaron Faith, Ioannis Vlachos, Austin Roth, Korwyn Williams, Katie Noe, Joe Drazkowski, Lisa Tapsell, Joseph Sirven, Leon Iasemidis, (2011), Resetting of brain dynamics: epileptic versus psychogenic nonepileptic seizures, *Epilepsy & Behavior*, Volume 22, Supplement 1, Pages S74-S81.
  
- [5] April C Horton, Michael D Ehlers, (2003), Neuronal Polarity and Trafficking, *Neuron*, Volume 40, Issue 2, Pages 277-295.
  
- [6] Arnaud Delorme, Scott Makeig, (2004), EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis, *Journal of Neuroscience Methods*, Volume 134, Issue 1, Pages 9-21.
  
- [7] Contec Medical Systems CO. Ltd. KT88-3200 Digital Brain Electric Mapping Activity: Service Manual.
  
- [8] Texas Instruments. *ADS1299 Datasheet*.  
<http://www.ti.com/lit/ds/sbas499a/sbas499a.pdf>

- [9] <http://www.mct.net/faq/spi.html>
  
- [10] Texas Instruments. *ADS1299EEG-FE Users Guide*.  
<http://www.ti.com/tool/ads1299eegfe-pdk>
  
- [11] Medical Component and Cable Manufacture – Plastics One.  
<http://www.plastics1.com/>
  
- [12] <http://www.polycase.com/jb-65>
  
- [13] <http://www.openbci.com/>