



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E SCIENTIA HOMINIS SALUS "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la .ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO BIOELÉCTRICO DE LOS
VEGETALES BAJO DISTINTOS ESTIMULOS.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

PAÚL ALEXI CANSECO SÁNCHEZ

Pcpaul_1300@hotmail.com

ROBERTO CARLOS GUALLICHICO CHICAIZA

rc.guallichico@hotmail.com

DIRECTOR DR. ROBIN ÁLVAREZ RUEDA

Arobin7es@yahoo.es

Quito, Enero 2011

DECLARACION

Nosotros, Paúl Alexi Canseco Sánchez y Roberto Carlos Guallichico Chicaiza, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Paul Canseco

Roberto Guallichico

CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Paúl Alexi Canseco Sánchez y Roberto Carlos Guallichico Chicaiza, bajo mi supervisión.

Dr. Robin Álvarez Rueda
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A nuestro querido Director y buen amigo Dr. Robín Álvarez, por motivarnos en el apasionante mundo de la ciencia, por hacernos ver más allá de los paradigmas y hacer realidad lo que para muchos es una utopía, hoy es un gran descubrimiento y un aporte valioso para la humanidad.

SUS AMIGOS

DEDICATORIA

Al ser que más que darme la vida me dio la suya

Mi abuelita Blanca Ramos

Quien dedicó cada latido de su corazón

Al plasmar en mi alma

Las joyas de los buenos valores

Y sea un hombre de bien.

Y hoy pueda gozar de este pequeño gran triunfo en nuestras vidas.

“Solo recibí de ella el amor más puro y sincero

Mi bendición mas grande”

PAUL

A los ojos que me miran con amor.

A la sonrisa que celebra mi alma.

Al corazón que me acepta como soy.

A la dueña de esos ojos, de esa sonrisa,

De ese corazón

Mi dulce Amor Ruth Andaluz

PAUL

AGRADECIMIENTO

A toda mi familia especialmente a mí linda ñañita Vivi y a mi querida primita Teresita, que a pesar de todas las dificultades, siempre me apoyaron.

A mi papa Elías, por sus valiosos consejos y su apoyo incondicional.

Y a todos aquellos, que sin merecer, acogieron mi presencia en su corazón

Y con mucho cariño les llamo mis amigos.

Aquellos que un día sin saber....

De pronto y sin condición se unieron en esta aventura de la vida

Y fueron parte importante en este duro, pero grato proceso

Mi gratitud a mis amigos:

La Gabita linda, La dulce Lore, Johanita, Gisella, El genio Juanito Yopez,

El profe Víctor Andaluz, El che Marcelo Pallo, El pana Edward Camacho,

El científico Marquito Benalcazar, El pana Johnny Villacis, El pana Javi Prado,

El musiquito Daniel, El pana Jorge Suasnavas

Los panas de la UME y todos aquellos que aunque no estén en estas líneas

Están en las líneas de mi corazón.

A mi compañero de tesis Roberto testigo fiel de cada paso que se dio para el feliz término de este proyecto.

PAUL

DEDICATORIA

Todo en mi vida es un paisaje hermoso, pintoresco con un matiz, mágico y esencial en mi existencia.

Gracias a todos ustedes:

A mi princesa DAYRA que con su inocencia, me motiva a obrar con humanidad y amor.

A DAYSI que con su tolerancia, y comprensión ha sido un apoyo y un pilar importante en mi vida.

A ti mamita querida TRANSITO que te asemejas a Dios...cuando nadie cree en mi, allí estas tu diciendo lo contrario.

A mi papito FRANCISCO que con sus gestos, agudiza mis sentidos y me recuerda que somos humanos, gracias por tus sacrificios.

A mi hermano querido ANDRES, tu tenacidad e inteligencia me motivan a seguir cuando estoy por desfallecer.

A mi hermosa Grabeluchis cariñosita, amorosa, siempre con tu Beto me apoyas me abrazas cuando lloro te quiero mi caperuza GABY, gracias por ser mi mamita chiquita.

A mi caperuza KAREN, tú la energía que me lleva por caminos de sensibilidad, cariño, tranquilidad, sabiduría, en resumen de amor.... gracias....aunque calles me brindas todo lo necesario para mi existencia.

A mis tíos que dan color a todo ese paisaje les agradezco por estar pendientes de nosotros: LUIS, ROSA, OSWALDO, MARTHA, LUSMILA, EDUARDO, DIEGO, CECILIA, DIANA me enseñado que lo imposible siempre es alcanzable.

A mi amiga Myriam que siempre ha estado a mi lado, a pesar de los desacuerdos gracias por todo remolachita.

A mi amigo Pául Canseco “el Mac Giver ecuatoriano”, que con tino ha sido una de las personas que me ha motivado y educado con su ejemplo, gracias compañero de tesis.

ROBERTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme una gran familia que siempre me apoyan a pesar de mis desaciertos, brindándome su amor y comprensión para alcanzar cada objetivo en mi vida.

ROBERTO

CONTENIDO

DECLARACION	III
CERTIFICACION	IV
RESUMEN	XVII
PRESENTACION	XX
CAPITULO 1	1
ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO BIOELECTRICO EN UN VEGETAL.	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 ESTADO DEL ARTE DE LAS SEÑALES FISIOLÓGICAS EN UNA PLANTA	3
1.2.1 ESTUDIOS GENERALES RELACIONADOS CON LA ACTIVIDAD DE LOS VEGETALES	3
1.2.2 ESTUDIOS RELACIONADOS CON LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA DE LOS VEGETALES	7
1.3 CONCEPTOS	9
1.3.1 INTRODUCCION	9
1.4 ENERGÍA SOLAR Y FOTOSÍNTESIS	9
1.5 EXITACION DE LAS MOLECULAS POR LA LUZ	10
1.6 LA CLOROFILA	13
CAPITULO 2	14
DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE SEÑAL	14
2.1 ELECTRODOS DE BIOPOTENCIALES “EB”	17
2.1.1 POTENCIAL DE MEDIA CELDA	19
2.1.2 TIPOS DE ELECTRODOS	21
2.1.3 CIRCUITO EQUIVALENTE PARA DOS ELECTRODOS	21
2.1.4 CARACTERISTICAS ELECTRICAS	22
2.2 PROTOTIPO CON NANO AMPERIMETRO	22
2.2.1 NANO AMPERIMETRO TIPO YEW 2790	23

2.3 DISEÑO DEL AMPLIFICADOR	25
2.4 VALIDACION DEL EQUIPO	26
2.5 TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS	27
2.5.1 CARACTERISTICAS NI USB 6009.....	29
2.5.2 CONFIGURACION DE LA TARJETA NI USB 6009.....	30
2.6 SOFTWARE EN LABVIEW UTILIZADO	34
2.7 TEORIA DE PDS PARA INVESTIGAR CAMBIOS ENTRE SITUACIÓN INICIAL (SIN NINGÚN ESTÍMULO) VS SITUACIÓN CON ALGÚN ESTÍMULO UTILISANDO MATLAB	37
2.7.1 ANÁLISIS ESPECTRAL Y MÉTODOS TIEMPO FRECUENCIA	39
2.7.1.1 Métodos mejorados: Reducción de fuga espectral.....	39
2.7.1.1.1 <i>El periodo grama mejorado: Teoría de ventanas</i>	39
2.7.1.1.2 <i>Consecuencias del empleo de la ventana rectangular</i>	44
2.7.1.1.3 <i>Ventana de Hanning $\cos^2(x)$</i>	46
2.7.1.1.4 <i>Ventana Blackman</i>	50
2.7.1.2 <i>Métodos tiempo – frecuencia</i>	53
2.7.1.2.1 <i>Aplicaciones de la teoría de enventanado:</i>	53
2.7.1.2.1.1 <i>Problema de resolución:</i>	53
2.7.1.2.1 <i>Teoría de enventanado aplicado al problema de detección problema de detección:</i>	55
2.7.1.3 <i>Métodos mejorados de promediado para reducir el efecto del ruido:</i>	58
2.7.1.3.1 <i>Métodos de Bartlett y Welch</i>	58
2.7.1.3.1.1 <i>Método de Bartlett:</i>	59
2.7.1.3.1.2 <i>Métodos de Welch:</i>	59
2.8 SISTEMA DE ALIMENTACION	67
CAPITULO 3.....	69
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	69
3.1 UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS EN LA PLANTA	69
3.2 SELECCIÓN DE PLANTA PARA TOMA DE DATOS.....	70

3.3 ESTÍMULOS EMPLEADOS	70
3.3.1 DATOS TOMADOS CON ESTIMULOS ALTERNADOS.	71
3.3.2 DATOS TOMADOS CON ESTIMULOS CONTINUOS.	73
CAPITULO 4.....	83
PRUEBAS Y RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS.....	83
CAPITULO 5.....	159
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	159
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	167
PAGINAS WEB.....	167
ANEXO 1	169
NANO AMPERIMETRO 2709 YEW	169
ANEXO 2	188
INTEGRADO TL084.....	188
ANEXO 3	191
INTERFACE GRAFICA EN LABVIEW.....	191
ANEXO 4	192
PROGRAMA DE ANALISIS PDS.....	192
ANEXO 5	204
DAQ NI USB 6009.....	204
ANEXO 6	206
PLANTAS OBJETO DE ESTUDIO	206
ANEXO 7	207
GLOSARIO	207

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.-Planta cobra o darlingtonia.....	5
Figura 1-2.- Variaciones de potencial en la planta Samanea.	7
Figura 1-3.- Curva de variación de Biopotencial obtenida en la estación del I.G.A el 1-12-94 sensor, mata de plátano.	8
Figura 1-4.-Polígrafo de Cleve Backster.	8

Figura 1-5.- Espectros de absorción de los pigmentos fotosintéticos.....	11
Figura 1-6.- Espectro de acción de la fotosíntesis comparado con el espectro de absorción de las clorofilas.....	12
Figura 2-1.- Diagrama de bloques de todas las partes utilizadas en el banco de trabajo.....	16
Figura 2-2.- Ubicación de los electrodos de EB sobre la planta.....	17
Figura 2-3.- Electrodos de oro y plata utilizados.....	17
Figura 2-4.- a) Interfaz Electrodo-Electrolito b) Formación de doble capa de carga debido a la interacción electrodo metal, con los iones del electrolito.....	18
Figura 2-5.- Potencial de media celda.....	19
Figura 2-6.- Modelo de un electrodo de biopotencial.....	20
Figura 2-7.- Circuito equivalente para dos electrodos.....	22
Figura 2-8.- Ubicación del nano amperímetro en diagrama de bloques del banco de trabajo.....	23
Figura 2-9.- Panel frontal del galvanómetro.....	24
Figura 2-10.- Terminales del galvanómetro y tarjeta de interconexión para los electrodos.....	24
Figura 2-11.- Conexión de los electrodos al galvanómetro.....	24
Figura 2-12.- Ubicación del amplificador de señal en el banco de trabajo.....	25
Figura 2-13.- Amplificador de señal.....	25
Figura 2-14.- Tarjeta de adquisición de datos NI USB 6009.....	28
Figura 2-15.- Diagrama de Flujo de adquisición de datos.....	28
Figura 2-16.- Ubicación de la tarjeta de adquisición de datos DAQ NI 6009 en el banco de trabajo.....	29
Figura 2-17.- Diagrama de bloques del sistema de monitoreo y registro del sistema de adquisición de datos.....	30
Figura 2-18.- Panel de configuración de los parámetros de operación del DAQ.....	31
Figura 2-19.- Diagrama de conexión de la Tarjeta de adquisición de datos.....	32
Figura 2-20.- Diagrama de conexión de la Tarjeta de adquisición de datos en modo diferencial.....	32
Figura 2-21.- Ventana de configuración del DAQ NI 6009 para medir voltaje.....	33
Figura 2-22.- Ventana de visualización de la señal tomada en tiempo real.....	33
Figura 2-23.- Panel frontal en Labview (DATA LOG6).....	34
Figura 2-24.- Diagrama de flujo desarrollado en el labview.....	34
Figura 2-25.- Software desarrollado en Laview.....	35
Figura 2-26.- Diagrama de bloques del sistema de visualización, registro y adquisición de datos en Laview (DATA LOG6).....	35
Figura 2-27.- Bloque para definir la dirección de archivo Laview.....	36
Figura 2-28.- File I/O VIs and Functions Laview.....	36
Figura 2-29.- DAQ Assistant.....	36
Figura 2-30.- Spectral Measurements.....	36
Figura 2-31.- Paneles graficadores de la señales registradas en tiempo y e frecuencia.....	37
Figura 2-32.- Diagrama de flujo del sistema de procesamiento digital de señales.....	38
Figura 2-33.- Transformada de Fourier: Límites finitos.....	39
Figura 2-34.- toma de datos finitos para DTF.....	40
Figura 2-35.- Enventanado de la señal con una ventana rectangular.....	40
Figura 2-36.- Análisis del tono.....	41
Figura 2-37.- Análisis de la ventana cuadrada.....	41
Figura 2-38.- Transformada de Fourier de la ventana cuadrada.....	42
Figura 2-39.- Transformada de Fourier de la señal enventanada.....	44
Figura 2-40.- Lobulo principal y secundario en una ventana rectangular.....	44
Figura 2-41.- Problemas de resolución y fuga espectral.....	45
Figura 2-42.- Parámetros característicos de una ventana rectangular.....	46
Figura 2-43.- Ventana de Hanning con diferentes n (muestras).....	47
Figura 2-44.- Resumen de los parámetros característicos.....	48
Figura 2-45.- Funcion enventanada con $\cos(x)^4$	49
Figura 2-46.- Parámetros característicos de la Ventana de Hamming.....	51
Figura 2-47.- Grafica en el tiempo y de su DTFT.....	52
Figura 2-48.- Comparación entre la función implementada y la función directa de matlab.....	52
Figura 2-49.- Graficas en el dominio del tiempo y la frecuencia obtenidas a través de la herramienta wvtool:.....	53
Figura 2-50.- Problema de resolución.....	54
Figura 2-51.- Problema de resolución acercando los tonos.....	55
Figura 2-52.- Periodograma simple.....	56
Figura 2-53.- Comparacion periodograma simple con periodograma mejorado.....	58
Figura 2-54.- Promediado de periodogramas simples y mejorados.....	59
Figura 2-55.- Comparación entre periodograma simple – welch con hamming - welch con blackman harrison 4t.....	60
Figura 2-56.- Suma de dos tonos con ruido.....	61
Figura 2-57.- Periodograma de la suma de dos tonos con ruido.....	63
Figura 2-58.- Periodograma de la suma de dos tonos con ruido.....	64
Figura 2-59.- Comparacion entre periodograma simple y Welch con ventana Hanning.....	65
Figura 2-60.- Comparacion entre periodograma simple, Welch con ventana hanning, Blackman+Harrison.....	66
Figura 2-61.- Superposición del periodograma Simple, Welch + hanning y Welch + balckman harrison.....	67
Figura 2-62.- Alimentación general del amplificador posee filtros RC a la entrada con capacitores.....	68
Figura 3-1.- Ubicación de los electrodos en la corteza de la hoja y en el tallo.....	70
Figura 4-1.- Presencia, ausencia de luz alternadamente.....	83
Figura 4-2.- presencia, ausencia de tacto en una hoja alternadamente.....	87
Figura 4-3.- Ambiente basal.....	93
Figura 4-4.- Agua fría en una hoja versus ambiente basal.....	94
Figura 4-5.- Agua caliente en una hoja versus ambiente basal.....	96
Figura 4-6.- agua vertida en raíz versus ambiente basal.....	100
Figura 4-7.- Música instrumental versus ambiente basal.....	112
Figura 4-8.- Música rap versus ambiente basal.....	119

Figura 4-9.- Acústica de guitarra versus ambiente basal	129
Figura 4-10.- Música rock versus ambiente basal.	135
Figura 4-11.- Música heavy versus ambiente basal.....	142
Figura 4-12.- Ausencia de luz versus ambiente basal.....	147
Figura 4-13.- Ausencia de luz acompañado de música instrumental.....	152

RESUMEN

Como sabemos, humanos y animales presentan ritmos eléctricos cerebrales idénticos tanto en vigilia como en sueño. Las frecuencias de trabajo van desde 0.5 Hz aproximadamente hasta unos 45 Hz y las amplitudes de tales ondas van hasta el orden de los 150 μ V. Si bien estas señales están perfectamente reconocidas y estudiadas en su forma y orden de apareamiento, aún es un misterio su razón de ser y su correlación con la reparación psicofisiológica tanto en animales como en humanos. Su ausencia provoca alteraciones negativas de todo tipo. El presente trabajo de investigación se basa en la hipótesis de que todo ser vivo presenta dicha actividad eléctrica y si animales y humanos la tienen, ¿por qué no los vegetales? En el campo científico las señales fisiológicas de las plantas no están reconocidas oficialmente. Esta investigación altera las ideas admitidas, incomoda y puede que hasta moleste, pero también tiene el inmenso mérito de abrirnos la mente y de cambiarnos nuestra visión del mundo de las plantas.

¿Pueden las plantas sentir, tener memoria, desarrollar estrategias inteligentes para utilizar a los animales para su sexualidad y a los humanos para viajar? Si las plantas pueden percibir el entorno, ¿podrán también pensar? ¿Existe una inteligencia vegetal?

Tratando de responder a las interrogantes anteriores, este trabajo ha encaminado sus esfuerzos a implementar un banco de trabajo compuesto por un nano amperímetro marca YEW, un circuito amplificador, un equipo de adquisición de datos de National Instruments, y el software apropiado que permita detectar posibles cambios que surjan tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia. Estas señales han sido captadas por medio de tres electrodos similares a los empleados en electroencefalografía tanto animal como humana y se lo ha hecho con una frecuencia de muestreo de hasta 2 KHz característica propia del

galvanómetro de modo que podamos saber si existen cambios dentro del rango de 0/ 2 KHz, una vez filtrada la señal se la amplifica de acuerdo a los requerimientos de la tarjeta de adquisición de datos (DAQ NI USB 6009). La DAQ envía los datos al computador, para graficar las señales con el programa LABVIEW y guardar los datos en un documento **.txt** seguidamente utilizando algoritmos matemáticos procesamos las señales en MATLAB. Las señales recogidas han sido sometidas a técnicas de análisis de señal utilizando teoría de enventanado y técnicas de análisis espectral de modo que puedan ser detectados cambios muy pequeños entre dos situaciones diferentes. Estas situaciones han sido organizadas dentro de un diseño experimental en el que se compara el comportamiento basal (en condiciones iniciales sin ningún estímulo y con luz) versus algún estímulo como puede ser música suave, música ruidosa, sin luz, etc.

Los resultados fueron los siguientes:

Al iniciar las pruebas los estímulos que mejor respuesta dieron en el dominio del tiempo son: estímulo relacionado a la luz y el tacto, y algunos líquidos vertidos en la planta. Estos cambios eran momentáneos ya que luego de 6 a 12 minutos “aproximadamente” , regresaba a su estado inicial, estas pruebas fueron realizadas tanto en el día como la noche, pudiendo observar aproximadamente los mismos cambios de voltaje estos valores varían desde los: -30 a 30 μV para la luz, de -500 a 500 μV para el tacto y -5 a 5 μV para el agua potable “cuando vertimos cloruro de magnesio en la planta la pluma defleto hasta casi el fondo de escala de 50 μV ” . Con relación a la respuesta de los estímulos en el dominio de la frecuencia los valores encontrados van de los 60 a los 2000Hz según el estímulo aplicado así se puede citar que la mejor respuesta en frecuencia para: El tacto es 60 Hz con 8,5 U de diferencia: Agua fría en la hoja 240 y 300 Hz con 1U de diferencia: Agua caliente en hoja 1635 Hz con 5 U de diferencia.

Al aplicar algún estímulo diferente en el día o en la noche no se detecto mayor diferencia en voltaje, en el dominio de la frecuencia fueron pocos los resultados conseguidos como ya se escribió anteriormente, pero cabe recalcar que las diferencias en voltaje y frecuencia aparecen al momento de verter agua o algún líquido en la raíz de las plantas estos resultados varían según la composición del

agua. Así al verter agua la diferencia en voltaje fue de 0,1 V en el dominio del tiempo y 180Hz con 7,8 U de diferencia para el dominio en frecuencia. A partir de esto se estimulo con música obteniendo siempre la mejor respuesta en 120Hz con diferencias de 7 a 11 U, luego para asegurarnos de que el agua era el único que influenciaba en todo ese tiempo, procedimos a quitar la luminosidad, la respuesta seguía siendo en 120 Hz, para ratificar esto procedimos a poner música instrumental y obtuvimos un nuevo resultado, aparecieron diferencias pequeñas para frecuencia entre 0 y 3Hz.

Como se puede observar al variar el ambiente natural y/o bioquímico de la planta se tienen diferentes respuestas en voltaje y frecuencia por lo que este tipo de investigación debería de abarcar expertos en diferentes áreas para un estudio más profundo. De todas maneras, este es un esfuerzo de investigación inicial que puede dar luces a nuevos trabajos en que participen técnicos de varias áreas como es lo correcto.

Al finalizar este proyecto conseguimos el Libro Rhythms in Plants de los autores Stefano Mancuso y Sergey Shabala con edición del año 2007 gestionado y traído por la Biblioteca de Electrónica, por lo que resultaría una guía muy interesante y de provecho ya que está relacionada a la fisiología actual de un vegetal, para futuros estudios.

PRESENTACION

En el capítulo 1 se citan conceptos generales de las plantas y de cómo el flujo de energía en la naturaleza influye en el comportamiento fisiológico de un vegetal en las fases luminosas como oscuras, resultando de esto la ecuación de la fotosíntesis y la explicación del complejo sistema de transporte de energía para la oxidación como reducción de los compuestos internos de la planta.

En el capítulo 2 se describe las características eléctricas de los elementos. La caracterización del nano amperímetro utilizado, y como se fue procediendo para el diseñando del banco de trabajo. En el software se explica el proceso que se sigue para graficar, almacenar y analizar las señales obtenidas.

En el capítulo 3 se detalla las características de cada planta utilizada y justificando la selección de las plantas y de los estímulos que mejor respuesta dan a los cambios bio eléctricos en una planta, además el procedimiento seguido para la toma de datos en un ambiente relativamente aislado de agentes que puedan influir en el ambiente de la planta.

En el capítulo 4 se muestran datos con estímulo versus condiciones basales observándose en los diferentes archivos ser repetibles los resultados, estos son graficados en tiempo y frecuencia, se analizan los diferentes resultados y se deja establecido las mejores respuestas para una clasificación de las variables, en un cuadro resumido al final de cada prueba.

En el capítulo 5 con el fin de dar una visión general y así de escatimar tiempo y recursos para próximos estudios, se concluye y recomienda todo referente, al banco de trabajo, al comportamiento de las plantas frente a los distintos, y a cada experimento realizado en este proyecto.

CAPITULO 1

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO BIOELECTRICO EN UN VEGETAL.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de la encefalografía humana y animal, se presentan ritmos eléctrico cerebrales. En las fases de vigilia, cuando estamos despiertos, las ondas presentes tienen frecuencias a partir de los 14 Hz y llegan hasta unos 45 Hz, estas son denominadas ondas beta. Cuando cerramos los ojos y nos relajamos, aparece una onda especial de frecuencia alrededor de 10 Hz, denominado ritmo alfa. Durante el sueño, aparecen diferentes fases caracterizadas por distintas frecuencias: la fase 1 contiene frecuencias alrededor de 8 Hz y de ahí, siguen apareciendo otras frecuencias cada vez más inferiores hasta llegar a tener ondas muy lentas de frecuencia 0.5 Hz, denominadas ondas delta. Toda esta secuencia de distintos tipos de onda guarda estrecha relación con procesos bioquímicos como la secreción de distintas sustancias que a su vez dan bienestar psicofisiológico aún no explicado científicamente.

Como ya se mencionó, el presente trabajo de investigación se basa en la hipótesis de que todo ser vivo presenta dicha actividad eléctrica, y si animales y humanos la tienen, ¿por qué no los vegetales? Tratando de responder esta interrogante, este trabajo ha encaminado sus esfuerzos a implementar un banco de trabajo que permita monitorear posibles ondas especiales que aparezcan en las superficies de hojas o tallo captadas mediante electrodos usados en electroencefalografía. El problema a enfrentar es muy complicado debido a que primeramente no existe ningún estudio previo que pueda servir de guía y solamente nos guiaremos por los conceptos tradicionales de la electroencefalografía. Hay algunas preguntas que deberíamos responder:

- ¿Si acaso existiesen, qué amplitud tendrían las ondas eléctricas en los vegetales? En función de esto, deberíamos diseñar equipos amplificadores que permitan captar dichas señales.
- Será suficiente el empleo de equipos de electroencefalografía tradicional que captan señales del orden de los micro voltios o deberemos emplear equipos que permitan captar señales mucho más pequeñas del orden de los nano voltios?
- Si acaso existiesen cambios en la actividad eléctrica de los vegetales, en qué rangos de frecuencia están presentes? Para responder a esta interrogante, deberemos emplear un sistema de adquisición de las mejores características (más alta frecuencia de muestreo) de modo que podamos hacer los análisis hasta una frecuencia bastante considerable en el orden de los KHz.
- Qué tipo de vegetales son los mejores que permitan monitorizar de mejor manera: tal vez los de hoja ancha, los de tallo verde, etc. No quedará más que hacer una amplia gama de experimentación hasta ver algún cambio en uno de ellos y seleccionarlo para nuestros experimentos.
- Qué tipo de estímulos son los más apropiados para poder captar la presencia de alguna onda especial o componente de frecuencia? Podríamos emplear como estímulos la presencia o ausencia de luz, la presencia de estímulos de relajación como música clásica o la presencia de estímulos de estrés como música ruidosa o la presencia de fuego cercano a las hojas de la planta, etc.
- En qué orden están los cambios si acaso existen? Supongamos que dichos cambios se manifiestan mediante la presencia de ondas de amplitud mucho menor al los niveles de voltaje iniciales. En este caso, la visualización en el dominio del tiempo o en el dominio de la frecuencia empleando la clásica fft, serán completamente inútiles. Es decir, si bien los cambios existen, los métodos de análisis tradicionales, no son suficientes para poder detectar dichos cambios. Para resolver esto, en este trabajo se

emplearán técnicas más potentes del procesamiento de señal que permitirán detectar ondas de hasta una millonésima parte de los ritmos de referencia. Además se emplearán técnicas de promediado dentro del mundo del análisis espectral de modo que se atenúe mucho los efectos del ruido que podrían solapar la presencia de cambios reales pero que la fft tradicional no permitiría ver.

Responder a estas y a otras interrogantes, serán los objetivos del presente documento.

1.2 ESTADO DEL ARTE DE LAS SEÑALES FISIOLÓGICAS EN UNA PLANTA.

1.2.1 ESTUDIOS GENERALES RELACIONADOS CON LA ACTIVIDAD DE LOS VEGETALES

A continuación citaremos algunos estudios generales relacionados con la actividad de las plantas.

Entre los estudios más destacados relacionados con el tema de nuestro estudio, tenemos al realizado por un grupo de investigadores de Alemania, Austria, Alemania, Italia, Reino Unido, Japón, Sudáfrica y Estados Unidos quienes han desarrollado en los últimos años, aunque entre críticas y escepticismo, el nuevo campo de investigación de la neurobiología vegetal.

Ellos afirman que las plantas son capaces de sentir su entorno y recordar la información proporcionada por sus percepciones, son capaces de reaccionar en consecuencia y algunas, incluso, pueden comunicarse y defenderse conjuntamente contra los depredadores.

“En la mente de las plantas” se explica en detalle el extraño caso de la muerte de antílopes Kudu en algunas granjas sudafricanas.

Los granjeros estaban desesperados por conocer la causa, ya que son una fuente de ingresos importantes, y tras descartar las causas razonables (parásitos,

enfermedades), la investigación del biólogo y zoólogo Wouter Van Hoven de Pretoria descubrió la relación entre la muerte de los antílopes y las hojas de acacia de las que se alimentaban.

Las autopsias revelaron que los animales se habían intoxicado por un tanino de la acacia que actuaba como veneno, pero esto no ocurría en todas las granjas por igual, sino que existía una correlación entre mortalidad y número de Kudus.

A mayor densidad de población de antílopes, había proporcionalmente más muertes porque las acacias estaban respondiendo defensivamente a lo que consideraban un aumento del consumo de sus hojas.

Y además de este hecho, la planta al sentirse agredida emite un gas, el etileno, que se desplaza con el viento advirtiendo a otros árboles para que pongan en marcha la producción de taninos.

Un claro caso de comunicación química e inteligencia social de las plantas desarrollando una defensa común contra los depredadores y consiguiendo vencer al reino superior, el animal.

Este documento también presenta a muchos más autores y sus descubrimientos como:

Jean-Jacques Labat, experto mundial en plantas carnívoras cuyo vivero sirve de reserva de estas especies. Explica que en el mundo existen unas 650 especies de plantas carnívoras y que considera la más fascinante a la planta cobra o *darlingtonia* (la de la derecha de la foto). También detalla las estrategias de estas plantas para atraer, confundir y atrapar a los insectos de los que se alimentan.

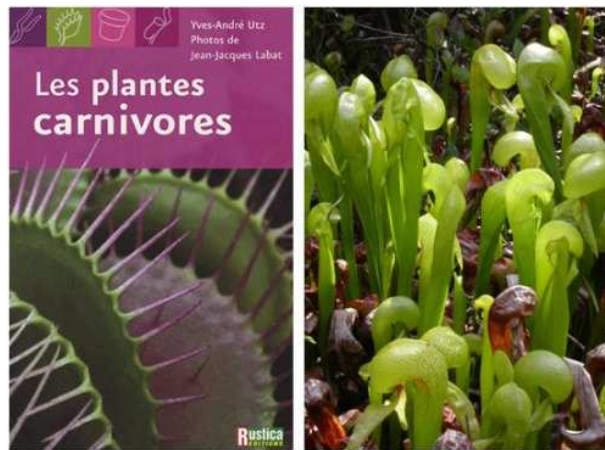


Figura 1-1.-Planta cobra o darlingtonia.

Francis Hallé, botánico y explorador, afirma que las plantas han llegado, a su nivel, más lejos que los humanos y que hay que olvidarse de la idea de que a menor evolución, menos genes pues ya se ha demostrado que el arroz contiene 50.000 genes en su secuencia del genoma, muchísimos más de los que se esperaba.

Dieter Volkman, botánico de la Universidad de Bonn demuestra que las plantas perciben perfectamente su entorno y reaccionan a este. Como ejemplo habla de la sensibilidad de la mimosa y cómo se cierran sus hojas con el roce de la mano.

En 1920 el botánico indio Jagadis Chandra Bose intentó demostrar que las plantas tenían conciencia y podían sentir utilizando electricidad. Sus trabajos fueron pioneros en muchos campos como el crecimiento de las plantas y sus reacciones a las ondas electromagnéticas.

En Los años 70 investigadores soviéticos también realizaron importantes descubrimientos sometiendo a las plantas a multitud de estímulos como anestesarlas con cloroformo, quemarlas con velas, corrientes eléctricas, etc.

En los 70 también, con el movimiento hippy se extendió la idea de que la música tenía efectos sobre las plantas y se consideraba que la música clásica las hacía

crecer y el rock las mataba. De hecho, surgieron músicos que componían para ellas como Roger Roger en “Rhapsody in green”.

En el documental la vida secreta de las plantas destaca que algunas plantas DUERMEN, en el caso de las leguminosas, de manera similar a los humanos. Unos investigadores japoneses han conseguido controlar la sustancia que afecta al sueño, demostrando mediante su control que si en varias semanas se les impide dormir, amarillean y enferman.

Otro de los temas que más interesa a estos científicos es la MEMORIA DE LAS PLANTAS preguntándose si ¿puede un bosque recordar el fuego?, o ¿recuerda el césped que lo cortan?

El biólogo Michael Teller explica que las raíces de la planta equivalen al cerebro y procesan información compleja como el sistema nervioso de los vertebrados.

El equipo de investigación de la Universidad de Bonn ha descubierto en las raíces de las plantas las mismas moléculas que permiten la actividad motriz en los vertebrados, la actina y biosina.

“Nosotros no creemos que las plantas tengan cerebro, no creemos que tengan nervios, pero hay grandes similitudes en el plano estructural y molecular, y podemos decir que la diferencia entre las plantas y los animales no es tan grande, o al menos entre las plantas y los animales inferiores en el plano celular y molecular” (Dieter Volkman).

Todos estos científicos que aparecen en este documento se autodenominan pioneros de la Neurobiología de las plantas y son conscientes de que se necesita tiempo para que se les reconozca oficialmente porque, según ellos, la ciencia es muy conservadora y, alterar las ideas dominantes en un paradigma científico, incomoda y cuestiona la absoluta supremacía del hombre.

Respecto al efecto de la MÚSICA sobre la materia: la obra de Masaru Emoto, Fabien Maman que vimos en el artículo “La música puede sanar células enfermas” y tantos otros investigadores.

1.2.2 ESTUDIOS RELACIONADOS CON LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA DE LOS VEGETALES.

A continuación citaremos los estudios relacionados solamente con la actividad eléctrica de las plantas.

- El libro Rhythms and Plants describe en la sección 1.2.2.2 del capítulo uno, como el investigador Racusen Satter mide el potencial en la membrana de la planta Samanea al erguirse la hoja hay cambios de potencial entre “-85 y -40 mV” y al decaer la hoja variaciones entre “-100 y -35mV”, todo lo anterior en un periodo circadiano¹.

También en la sección 1.2.3.4 se observa en la figura 1.2 , como en dos situaciones diferentes : la luz azul y la oscuridad afecta los cambios de potencial en la planta Samanea.

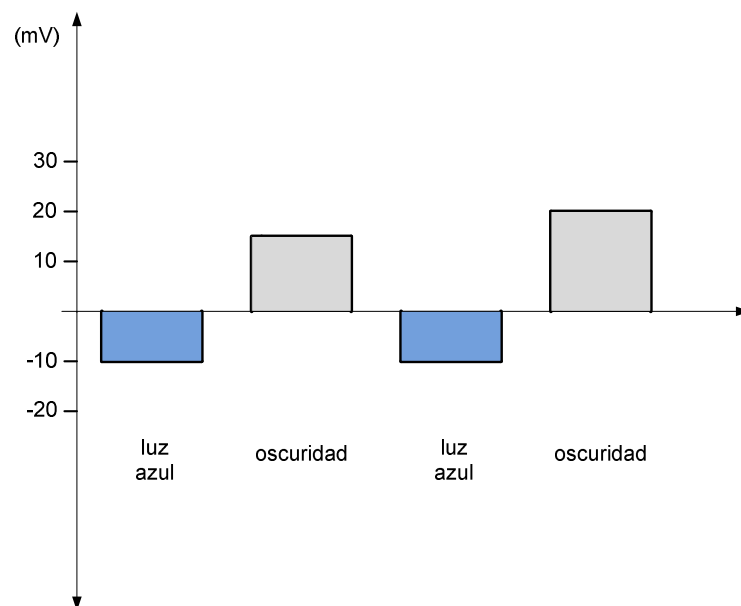


Figura 1-2.- Variaciones de potencial en la planta Samanea.

- En la Tesis de Doctorado aprobada al Ing. Geofísico Leodegario Lufriú Díaz en La Universidad de la Habana, Cuba, el 10 de Septiembre de 1999.

Indica en uno de sus experimentos una estación conformada por los siguientes elementos: mata de plátano, cable coaxial, amplificador, registrador oscilo gráfico. Estos elementos registrar las variaciones de bio potencial de forma continua observados en la figura 1.3. acotando que a las 14:50 hubo un cambio de temperatura y por ende un cambio en la señal⁵.

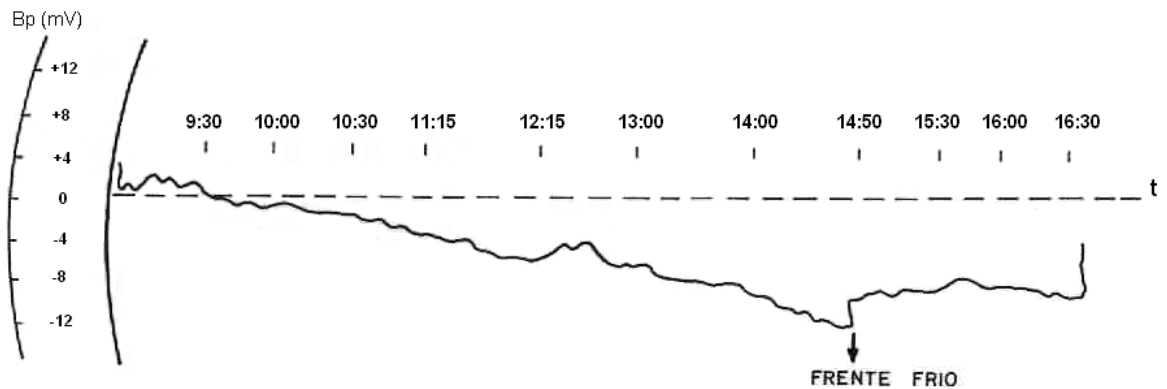


Figura 1-3.- Curva de variación de Biopotencial obtenida en la estación del I.G.A el 1-12-94 sensor, mata de plátano.

- El trabajo con el polígrafo de Cleve Backster a mediados del siglo XX que demostraba las distintas reacciones de las plantas a estímulos físicos y emocionales.

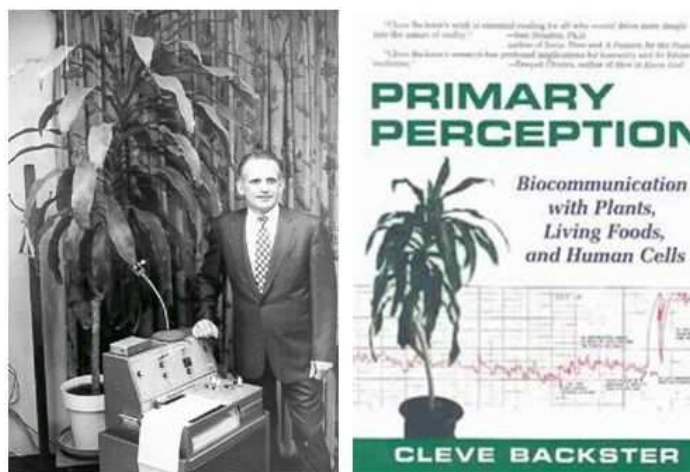


Figura 1-4.-Polígrafo de Cleve Backster.

1.3 CONCEPTOS

1.3.1 INTRODUCCION

Ya que en el presente estudio vamos a realizar experimentos relacionados con la actividad eléctrica en los vegetales, teniendo como estímulos, entre otros, la presencia o ausencia de luz, creemos necesario citar algunos conceptos relacionados.

Se explica brevemente los mecanismos por medio de los cuales las células transforman la energía para sus diversas actividades y para su crecimiento y replicación.

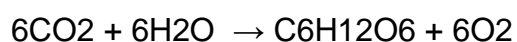
Esto se basa en los intercambios de energía de las reacciones enzimáticas. Los principios se aplican después al sistema ATP-ADP como transportador de energía química de la célula. Se analizan entonces las reacciones enzimáticas que producen energía de enlace fosfato, tales como la fotosíntesis.

1.4 ENERGÍA SOLAR Y FOTOSÍNTESIS.

La luz solar visible, fuente de toda la energía biológica, es una forma de energía electromagnética o radiante que, en última instancia, surge de la energía nuclear.

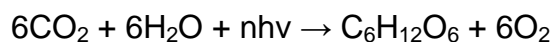
Después de una compleja serie de reacciones en las cuales la radiación gamma es absorbida por los positrones, gran parte de la energía de la radiación gamma es emitida en forma de fotones o cuantos de energía luminosa.

La fotosíntesis consiste en la absorción de la energía radiante por la clorofila y otros pigmentos, seguida de la conversión de la energía luminosa absorbida en energía química, y la utilización de esa energía química para la reducción del anhídrido carbónico absorbido de la atmósfera para formar glucosa. La forma más simple de la ecuación global para la formación fotosintética de glucosa y oxígeno a partir de anhídrido carbónico y agua en las plantas superiores es:



La gran cantidad de energía necesaria para que tenga lugar la fotosíntesis es suministrada por la energía luminosa captada por la clorofila de las hojas.

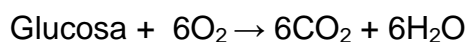
La ecuación fotosintética puede volver a escribirse, de modo que indique que la fuente de energía son los cuantos luminosos, como sigue.



El cuanto se representa por el término $h\nu$, n es el número de cuantos, h es la constante de Planck y ν es la frecuencia de radiación gamma.

Esta ecuación nos da solamente una visión global del proceso fotosintético. Realmente la fotosíntesis en las células de las plantas es un proceso mucho más complejo que lo que esta ecuación de apariencia sencilla puede sugerir.

La ecuación química para la oxidación de la glucosa durante la respiración es



Se puede observar que la ecuación es la inversa de la correspondiente a la fotosíntesis².

La glucosa no es el único producto de la fotosíntesis. Durante dicho proceso se sintetizan también otros componentes carbonados de las células vegetales, tales como la celulosa, proteínas y lípidos. Todas estas sustancias, ricas en energía química, son utilizadas posteriormente como fuente de energía por los organismos heterotróficos, es decir, por los consumidores que se alimentan de plantas verdes.

1.5 EXITACION DE LAS MOLECULAS POR LA LUZ.

La capacidad para absorber luz varía considerablemente de una sustancia a otra. El agua, evidentemente, absorbe muy poca luz visible de cualquier longitud de onda y por consiguiente aparece incolora. Por otra parte, una solución de moléculas de un colorante absorbe fuertemente la luz, pero sólo la de ciertas longitudes de onda, y por esta razón la luz transmitida tiene un color característico. Si representamos la capacidad de una sustancia para absorber luz frente a la longitud de onda de dicha luz, obtendremos un espectro de absorción. La (Figura 1.5) muestra un ejemplo de espectro de absorción, el correspondiente a la clorofila a. Se observa que la clorofila a absorbe fuertemente la luz en las regiones comprendidas entre 400-450 nm (violeta) y entre 640-660 nm (rojo).

Como resultado, la luz transmitida por una solución de clorofila, que pertenece a la región comprendida entre 450-640 nm, aparece verde.

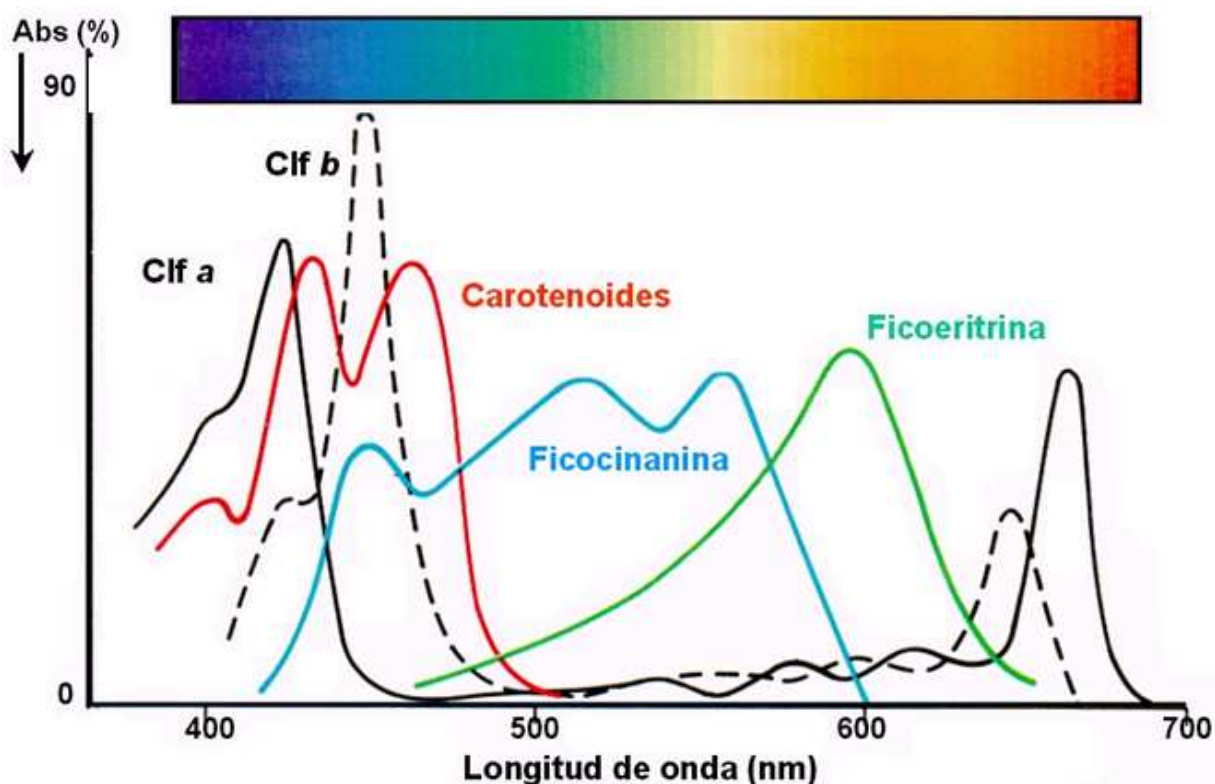


Figura 1-5.- Espectros de absorción de los pigmentos fotosintéticos.

La luz absorbida por un átomo o molécula es absorbida realmente por algunos de sus electrones. Los electrones están dispuestos en diferentes orbitales en torno al núcleo de cada átomo. Los electrones más próximos al núcleo poseen una energía relativamente baja, los más alejados del núcleo tienen una energía mayor. Para desplazar un electrón desde una posición interna a una externa, se necesita un aporte de energía, porque se está alejando del núcleo, cargado positivamente, una partícula cargada negativamente. Cuando los fotones golpean un átomo o molécula capaz de absorber luz, algún electrón interior puede absorber el fotón y ganar así energía, que puede ser suficiente para mover el electrón alejándolo del núcleo hacia una posición más externa de un nivel energético superior. En este momento, se dice que el átomo se encuentra en su *estado excitado*. Solo la luz de ciertas longitudes de onda puede excitar átomos específicos, porque el electrón susceptible debe absorber un fotón que tenga una

energía exactamente igual a la diferencia de energía entre el orbital interno y el orbital externo disponible, al cual el electrón puede ser “lanzado”. Un fotón que tenga menos energía no puede excitar el átomo. La energía de un fotón se utiliza de este modo, sobre la base del “todo o nada”, de aquí el término de *cuanto*.

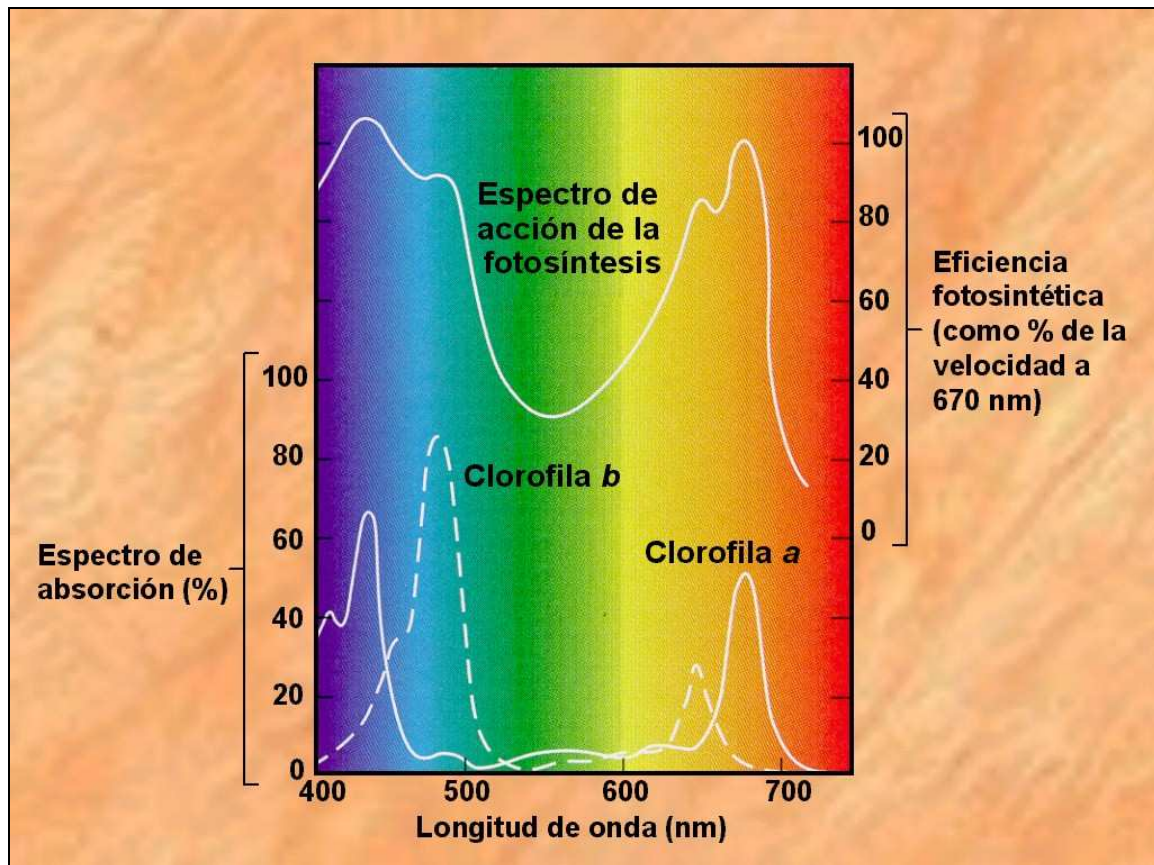


Figura 1-6.- Espectro de acción de la fotosíntesis comparado con el espectro de absorción de las clorofilas.

Los átomos o moléculas excitadas son muy inestables, pues los electrones de alta energía tienden a volver a sus orbitales de baja energía originales. Cuando esto sucede, se dice que la molécula vuelve a su estado fundamental. Evidentemente, este retorno de un electrón de elevada energía a su orbital original debe estar acompañado de liberación de la energía tomada del fotón. Parte de ella puede aparecer como energía térmica o química, y parte puede reaparecer en forma de luz.

Tal emisión de luz por parte de una molécula excitada, a medida que vuelve a

su estado fundamental, recibe el nombre de *fluorescencia* o el de *fosforescencia*, según la cinética del retorno sea rápida o lenta. Sin embargo, cuando los cuantos de luz son absorbidos por electrones de algunos átomos fotosensibles, tales como los del selenio en una célula fotoeléctrica, los electrones adquieren una energía tan elevada que pueden escapar completamente de los átomos de selenio y pueden ser atrapados por medio de un cable. De este modo, la luz absorbida desencadena una corriente eléctrica (es decir, un flujo de electrones) en una celda fotoeléctrica.

Veremos ahora que en la fotosíntesis tiene lugar un proceso semejante al descrito por la célula fotoeléctrica.

1.6 LA CLOROFILA.

Como sólo la luz absorbida puede excitar moléculas y ceder de este modo su energía, deben ser los pigmentos de las células fotosintéticas los que actúen como absorbentes de la luz visible. Las hojas de las plantas superiores contienen realmente dos clases de clorofila, que difieren sólo ligeramente en estructura y espectro de absorción, la *clorofila a* y la *clorofila b*. Cada una de ellas juega un papel específico en el mecanismo de la fotosíntesis de las plantas.

CAPITULO 2

DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE SEÑAL

Como quedó ya planteado, de las varias interrogantes a resolver, en lo que compete al **hardware**, se debe dar solución a lo siguiente:

Tratando de responder a la interrogante anterior, este trabajo ha encaminado sus esfuerzos a implementar un banco de trabajo compuesto por un nano amperímetro marca YEW, un equipo de adquisición de datos de National Instruments DAQ-NI-USB-6009 y el software apropiado que permita detectar posibles cambios que surjan tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia. Estas señales han sido captadas por medio de tres electrodos similares a los empleados en electroencefalografía tanto animal como humana y se lo ha hecho con una frecuencia de muestreo de hasta 2KHz de modo que podamos saber si existen cambios dentro del rango de 0 a 2 KHz.

- Si acaso existiese actividad eléctrica en los vegetales, se debe determinar en qué rango de amplitud tendrían lugar dichas ondas. Entonces, luego de utilizar equipos de electroencefalografía capaces de medir voltajes del orden de los microvoltios, se vio que estos no mostraban ningún tipo de señal y por tanto no eran útiles para investigar los supuestos cambios frente a estímulos externos. Como consecuencia de esto, se tuvo la oportunidad de utilizar un nano amperímetro del laboratorio de Circuitos Eléctricos cuya sensibilidad es ya insuperable. Sin embargo las señales provistas a la salida del nano amperímetro son de muy baja amplitud lo que ha obligado a implementar una etapa de amplificación de señal con una ganancia de 500, para el diseño se utilizó un circuito integrado TL084.

Por otro lado, se tiene la siguiente pregunta:

- Si acaso existiesen cambios en la actividad eléctrica de los vegetales, en qué rangos de frecuencia están presentes?

Para responder a esta interrogante, deberemos emplear un sistema de adquisición de las mejores características (más alta frecuencia de muestreo) de modo que se pueda hacer los análisis hasta una frecuencia bastante considerable en el orden de los 2 KHz. En este caso, se ha utilizado un hardware de adquisición DAQ modelo NI-USB-6009 capaz de adquirir señales analógicas con una frecuencia de muestreo de 45KHz.

Software:

Una vez adquirida la señal analógica y digitalizada con las mejores prestaciones a nuestro alcance, se debe ser capaz de responder lo siguiente:

¿En qué orden están los cambios si acaso existen? Supongamos que dichos cambios se manifiestan mediante la presencia de ondas de amplitud mucho menor al orden de los voltios, por ejemplo una milésima o una millonésima de voltio. En este caso, la visualización en el dominio del tiempo o en el dominio de la frecuencia empleando la clásica **fft**, serán completamente inútiles. Es decir, si bien los cambios existirían realmente, los métodos de análisis tradicionales, no serían suficientes para poder detectar dichos cambios. Para resolver esto, en este trabajo se emplearán técnicas más potentes del procesamiento de señal que permitirán detectar ondas de hasta una millonésima parte de voltio. Además se emplearán técnicas de promediado dentro del mundo del análisis espectral de modo que se atenúe mucho los efectos del ruido que podrían solapar la presencia de cambios reales pero que la **fft** tradicional no permitiría ver.

Resumiendo lo anterior, como componentes de hardware del banco de trabajo a utilizar, se tiene los siguientes componentes:

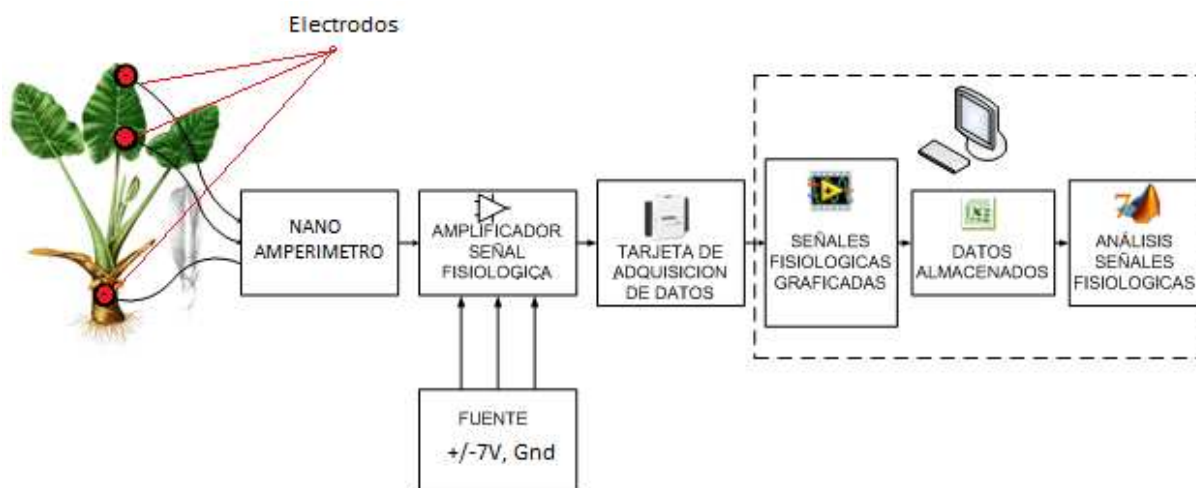


Figura 2-1.- Diagrama de bloques de todas las partes utilizadas en el banco de trabajo.

- Electrodo: como dispositivos encargados de hacer la función de transductores, es decir, encargados de realizar la captación de las ondas.
- Nano amperímetro: encargado de medir las señales eléctricas captadas por los electrodos, filtrarlas y amplificarlas en un rango de salida entre +/- 5mV.
- Equipo adicional de amplificación: encargado de dar una ganancia de 500 a la señal de salida del nano amperímetro.
- Equipo NI modelo USB-6009: encargado de digitalizar e ingresar las señales al computador.
- Software de adquisición de datos: encargado de graficar, visualizar (en tiempo y en frecuencia) y guardar los datos en archivos tipo **.txt**

Como software de análisis de la señal adquirida, se tiene lo siguiente:

- Técnica para reducir al mínimo la fuga espectral generada por la ventana rectangular tradicionalmente aplicada con la **fft** y que se denomina periodograma, esta da unos 13 dB de distancia entre el lóbulo principal y el secundario. Para nuestros propósitos, se empleará otro tipo de ventanas como la de Blackman Harrison de 4 términos cuya distancia entre el lóbulo principal y el secundario es de unos 92 dB.

- Para contrarrestar los efectos del ruido, utilizaremos una de las mejores técnicas de promediado denominada técnica de Walsh que consiste en promediar varios periodo gramas pero empleando ventanas como las de Blackman Harrison de 4 términos. Así se reduce al mínimo los efectos del ruido y no se altera los aportes reales de señal presente.

Todo lo mencionado anteriormente es detallado a continuación:

2.1 ELECTRODOS DE BIOPOTENCIALES “EB”.

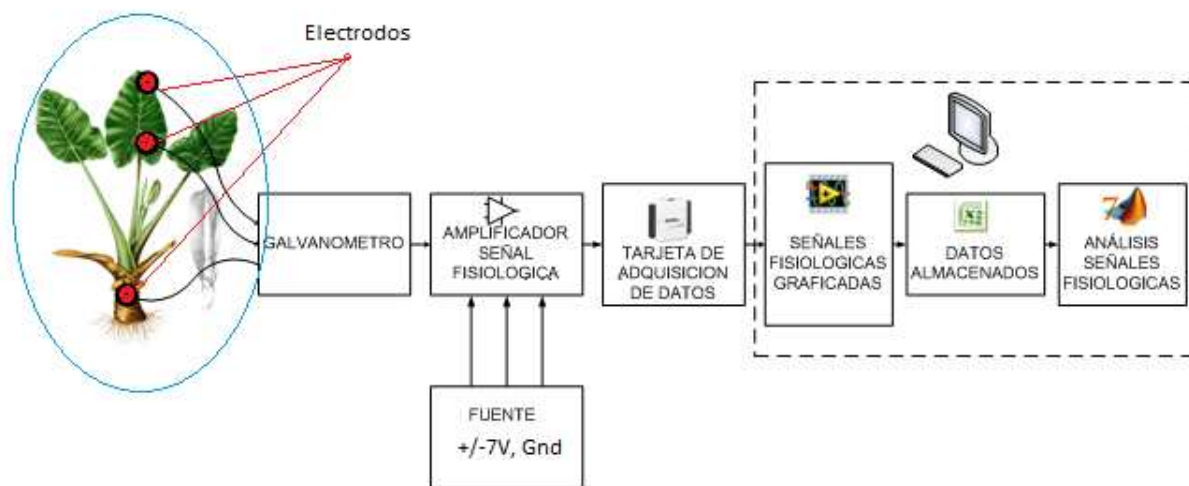


Figura 2-2.- Ubicación de los electrodos de EB sobre la planta.

Los electrodos usados en la toma de muestras son de Ag y Au. El electrodo que mejores resultados fue el de oro y plata (Figura 2.3). Las características de estos se las detalla a continuación:



Figura 2-3.- Electrodos de oro y plata utilizados.

Al electrodo se lo considera como transductor que cambia las corrientes iónicas en eléctricas, además los EB tienen la capacidad de conducir la corriente a través de la interfaz entre el cuerpo y el circuito electrónico de medida. (Figura 2.1. a)

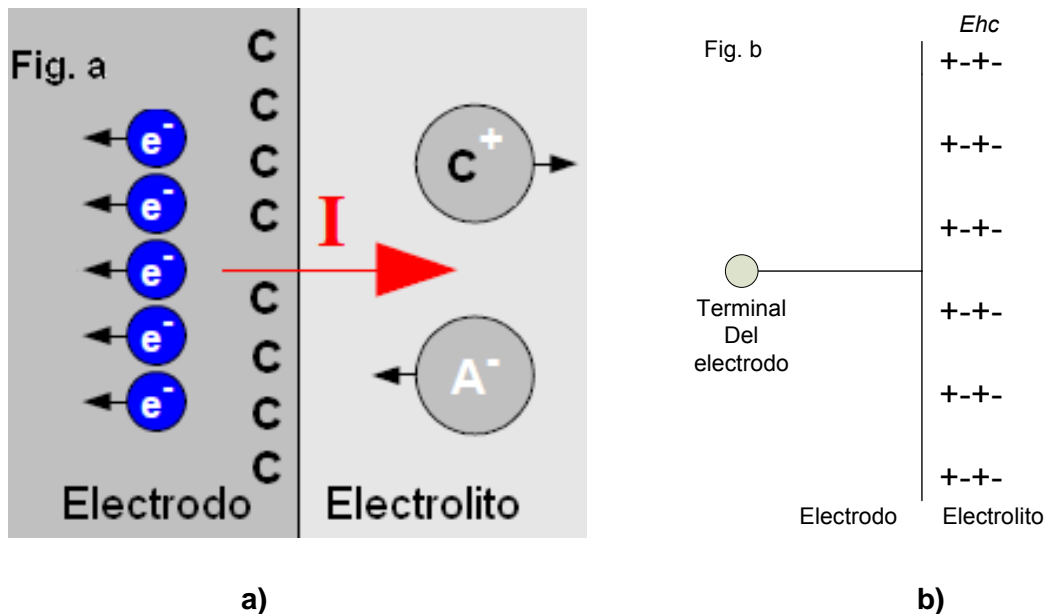


Figura 2-4.- a) Interfaz Electrodo-Electrolito b) Formación de doble capa de carga debido a la interacción electrodo metal, con los iones del electrolito.

Una corriente neta que cruce la interface, pasando del electrodo al electrolito, consiste en:

- Electrones que se mueven en dirección opuesta a la corriente en el electrodo.
- Cationes C^+ se mueven en la misma dirección que la corriente.
- Aniones A^- se mueven en la dirección opuesta a la corriente en el electrolito.

En la parte del electrodo tenemos átomos metálicos C, en cambio el electrolito tienen una solución acuosa que contiene cationes del electrodo metálico C y aniones A^- .

Se forma doble capa de carga, debido a la interacción del electrodo metal, con los iones del electrolito. (Figura 2.4 b)

Cuando un electrodo metálico entra en contacto con un electrolito ocurren intercambios ión-electrón, los iones metálicos tienden a entrar en la solución y los iones en el electrolito tienden a combinarse con los electrones metálicos.

Como resultado de esto surge una distribución de carga, la cual desarrolla lo que se denomina “potencial de media celda o potencial característico de equilibrio cuando no existe flujo de corriente a través de la interfaz”.

2.1.1 POTENCIAL DE MEDIA CELDA.

El potencial característico o de media celda está determinado por el metal involucrado, la concentración de iones en la solución, la temperatura y otros factores de segundo orden. (Figura 2.5)

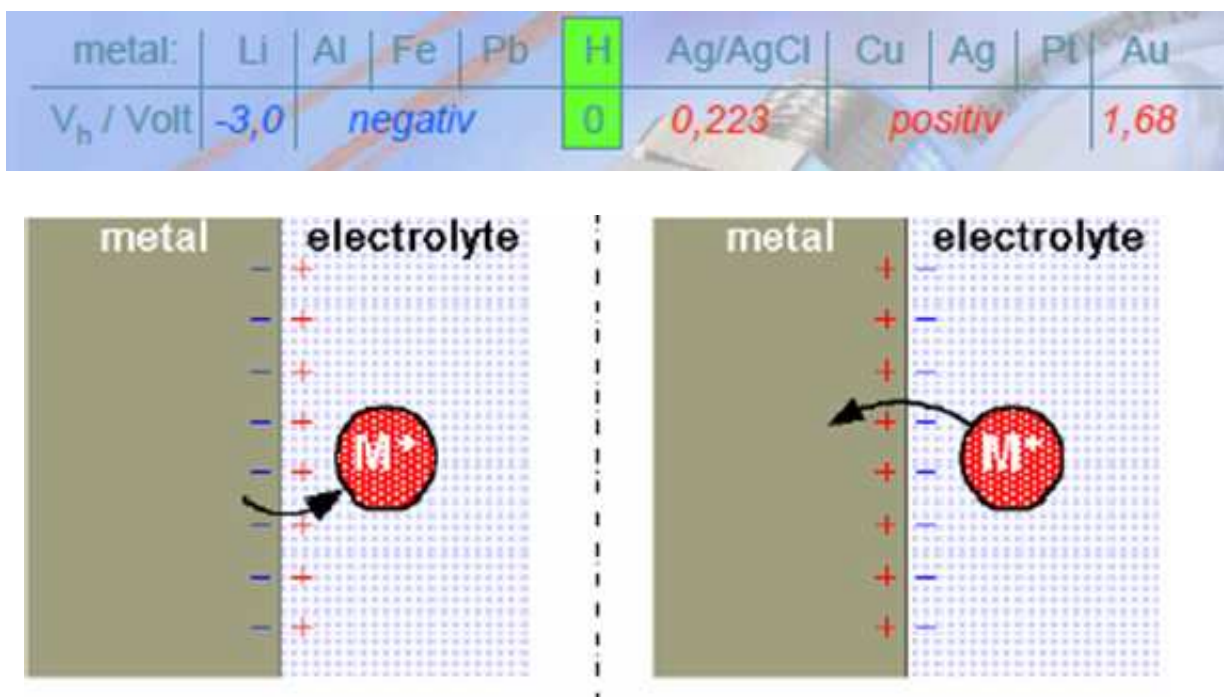
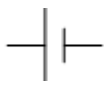



Figura 2-5.- Potencial de media celda.

La capa de carga tiene 3 componentes.

Potencial de célula (E_{hc}) 

Capacitancia C_d 

Resistencia R_d 

Cada electrodo tiene un potencial E_{hc} y depende del material del cual está hecho como también del tipo del electrodo.

	E_{hc}
Ag /ClAg	0,223
Ag	0,799
Au	1,68

El circuito equivalente de un electrodo de biopotencial se lo puede observar en la (Figura 2.6).

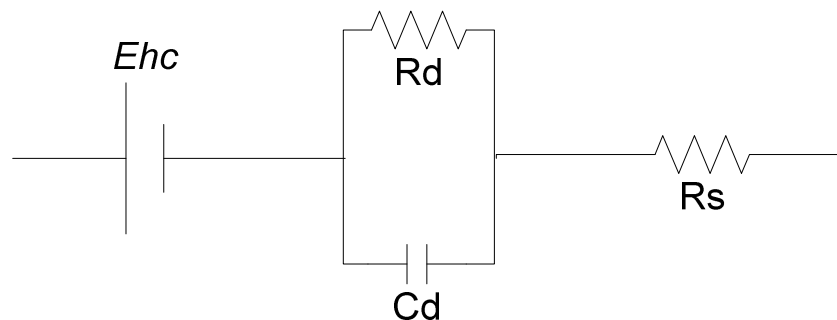


Figura 2-6.- Modelo de un electrodo de biopotencial.

E_{hc} es propio de cada electrodo.

R_d y C_d es la impedancia asociada con la interface electrodo-electrolito y los efectos de polarización.

R_s representa la resistencia en serie asociada con los efectos de interface y debido a la resistencia del electrolito.

2.1.2 TIPOS DE ELECTRODOS.

Existen electrodos perfectamente polarizables y no polarizables, esta clasificación se refiere a lo que ocurre en el electrodo cuando una corriente fluye entre él y el electrolito.

Perfectamente polarizable (Pt): Son aquellos en los que la carga no cruza la interfaz electrodo-electrolito cuando se aplica la corriente. A través de la interfaz, hay una corriente de desplazamiento y electrodo se comporta como un condensador.

Perfectamente no polarizable (Ag/AgCl): Son aquellos en los cuales la corriente pasa libremente a través de la interfaz electrodo-electrolito. Estos electrodos se comportan como una resistencia.

Estos dos electrodos son teóricos, se utilizan electrodos hechos de un metal noble cuyo comportamiento es muy cercano a la definición de electrodos perfectamente polarizables: Ag, Au estos materiales como son inertes encuentran dificultad para oxidarse o disolverse. Desde el punto de vista eléctrico estos materiales se comportan como un condensador tienen un fuerte efecto capacitivo.

Ag/ClAg electrodo práctico de uso diario puede ser recreado, analizado en un laboratorio, acercándose al comportamiento de un electrodo no polarizado.

2.1.3 CIRCUITO EQUIVALENTE PARA DOS ELECTRODOS.

Dependiendo del tipo de electrodo se tienen componentes en el circuito equivalente, los cuales son dependientes de la frecuencia. (Figura 2.7)

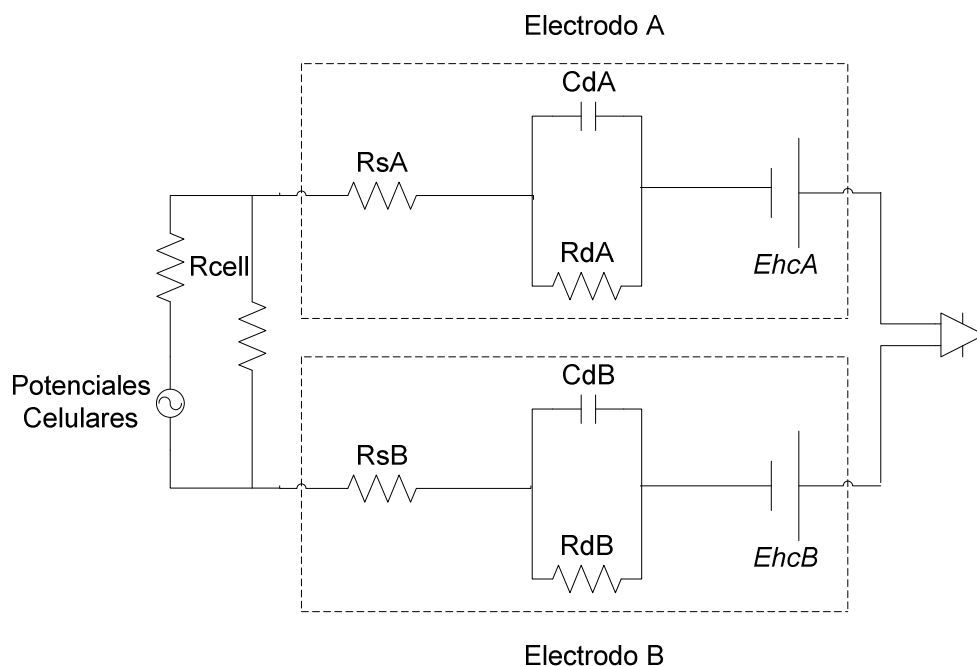


Figura 2-7.- Circuito equivalente para dos electrodos.

2.1.4 CARACTERISTICAS ELECTRICAS.

La impedancia medida entre los terminales de un par de electrodos, es alta en la región de baja frecuencia y al aumentar la frecuencia decrece hasta un valor constante.

Con electrodos de áreas grandes, el decrecimiento en impedancia con el crecimiento de la frecuencia refleja el decrecimiento de la impedancia del tejido vivo.

Los cables son blindados para evitar cualquier ruido proveniente del ambiente que pueda influir en la correcta lectura de la señal en la planta. Los cables de los electrodos están trenzados pues ayudan a disminuir el ruido.

2.2 PROTOTIPO CON NANO AMPERIMETRO.

En la Figura 2.8 se observa el diagrama en bloques de esta versión. La primera etapa está constituida por un nano amperímetro (galvanómetro) de alta sensibilidad.

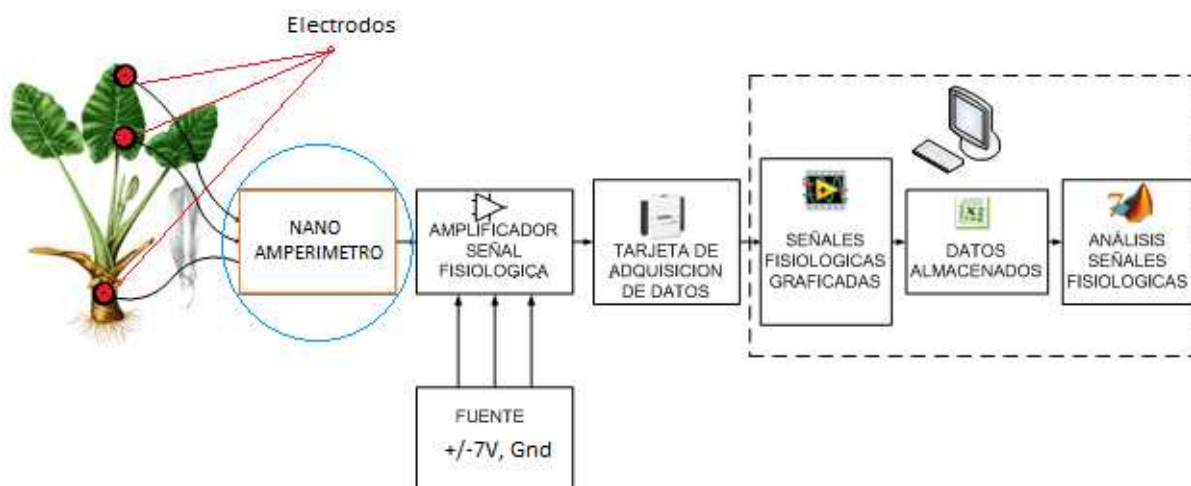


Figura 2-8.- Ubicación del nano amperímetro en diagrama de bloques del banco de trabajo.

2.2.1 NANO AMPERIMETRO TIPO YEW 2790

Este nano amperímetro puede ser usado como un amplificador de DC ya que tiene una salida de voltaje en proporción al valor indicado por el cursor en un rango de +- 5mV.

El diseño del mismo asegura un buen rechazo en modo común tanto en DC como en AC incluso sin conectar los terminales de tierra y el común. Si se utilizan los terminales de tierra y el común se tiene una mayor estabilización.

Previo a la toma de datos se debe tener en cuenta que:

- Se debe primero encerrar mecánicamente, para esto giro SW1 a la posición 50 mV- μ A. Luego se encera eléctricamente girando SW1 A la posición 5 μ V-nA. (Figura 2.9)
- Seleccionar medidas lineales con SW2.
- Se une E con G (común con tierra), para disminuir ruido.



Figura 2-9.- Panel frontal del galvanómetro

Los electrodos negativo y común están unidos directamente a los terminales de oro-plata (cable blanco) y níquel-plata (cable negro) respectivamente, mientras que el electrodo positivo se conecta a través de un capacitor electrolítico de 100 uF al terminal de oro-plata (cable naranja) que son las entradas del galvanómetro.

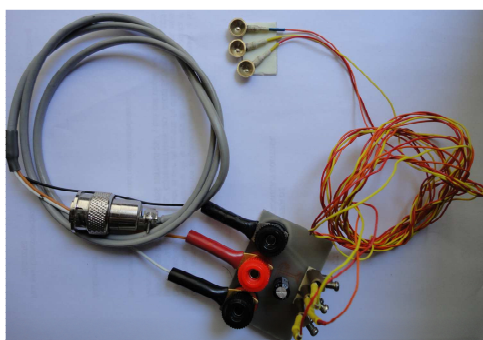


Figura 2-10.- Terminales del galvanómetro y tarjeta de interconexión para los electrodos.

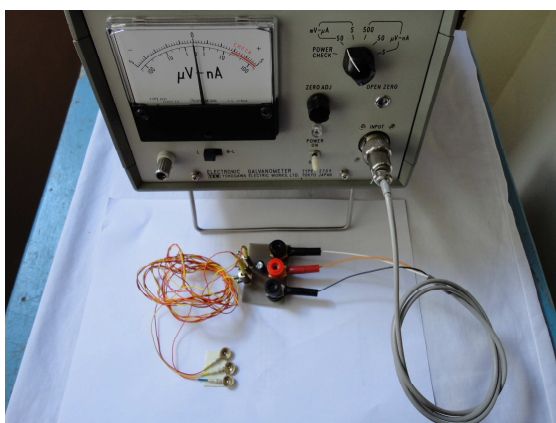


Figura 2-11.- Conexión de los electrodos al galvanómetro

2.3 DISEÑO DEL AMPLIFICADOR

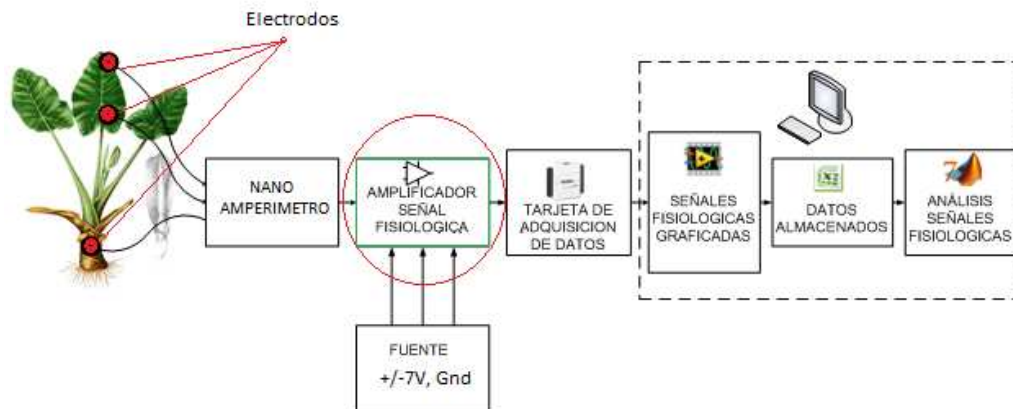


Figura 2-12.- Ubicación del amplificador de señal en el banco de trabajo

Las señales bio eléctricas que se registran en la corteza de las hojas están en el rango de los nano voltios y los nano amperios, lo que amerita un sistema de amplificación y medición lo bastante sensible, con un alto rechazo al ruido eléctrico y electromagnético. No obstante cabe resaltar que el nano amperímetro utilizado tiene integrada una etapa de acondicionamiento y amplificación de señal, con un alto rechazo al ruido lo que lo hace idóneo para nuestro propósito, entregando a sus terminales de salida, niveles de voltaje que oscilan entre $\pm 5\text{mV} \pm 5\%$, con una linealidad de $\pm 0,5\%$.

Sin embargo aun se tiene el inconveniente que la señal sigue siendo baja por lo tanto es necesario implementar una pequeña etapa de amplificación con una ganancia de 500. La primera etapa es un amplificador inversor con ganancia 500 y la segunda etapa es un amplificador inversor con ganancia 1. (Figura 2.13)

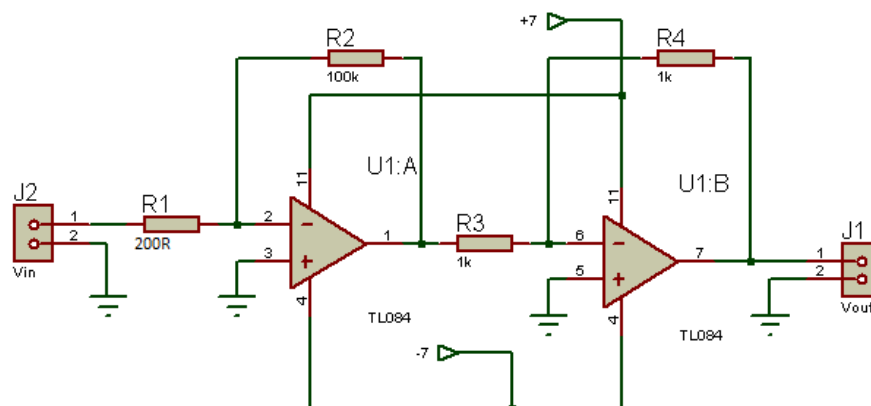


Figura 2-13.- Amplificador de señal

De donde:

$$G_1 = \frac{R_2}{R_1}$$

$$G_1 = \frac{100k\Omega}{200\Omega}$$

$$G_1 = 500$$

$$G_2 = \frac{R_4}{R_3}$$

$$G_2 = \frac{1k}{1k}$$

$$G_2 = 1$$

$$G_T = G_1 \times G_2$$

$$G_T = 500 \times 1$$

$$G_T = 500$$

La señal de salida del amplificador es ingresada a la entrada diferencial DAQ NI USB 6009.

2.4 VALIDACION DEL EQUIPO

Se inyecta una señal sinusoidal pura con una amplitud fija a través de una resistencia en serie, a la entrada del nano amperímetro mientras varía la frecuencia, se puede observar tanto la señal de entrada como la de salida del nano amperímetro, a través de la interfaz gráfica desarrollada en el LABVIEW.

Una parte indispensable del experimento es la caracterización del equipo utilizado, el que permite afirmar que a una señal inyectada a 2Khz se inyecta una señal de hasta 1Khz (Figura 4.1)

Frecuencia Hz	mVin pico	mVo pico
0,2	100	16,25
0,5	100	28,75
1	100	40
1,2	100	37,5
1,4	100	35
1,6	100	30,75
1,8	100	27,5
2	100	25
2,5	100	20
3	100	16,25
4	100	11,25
5	100	8
6	100	6,25
8	100	3,25
10	100	2,12
15	100	1
20	100	0,4
40	100	0,0875
60	100	0,0575
80	100	0,051
100	100	0,05
200	100	0,03
300	100	0,01625
400	100	0,01125
500	100	0,0075
600	100	0,0056
700	100	0,00412
800	100	0,004
900	100	0,004
1000	100	0,0039

Este experimento pretende determinar el ancho de banda, la respuesta dinámica, la fidelidad de la señal de salida respecto de la de entrada y otras características propias del instrumento, características que lo hacen muy idóneo para nuestro objeto de estudio de este trabajo.

2.5 TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS

La tarjeta NI USB 6009, es una herramienta utilizada para introducir las señales análogas desde el medio externo hacia el ordenador en forma digital por el puerto USB 2.



Figura 2-14.- Tarjeta de adquisición de datos NI USB 6009

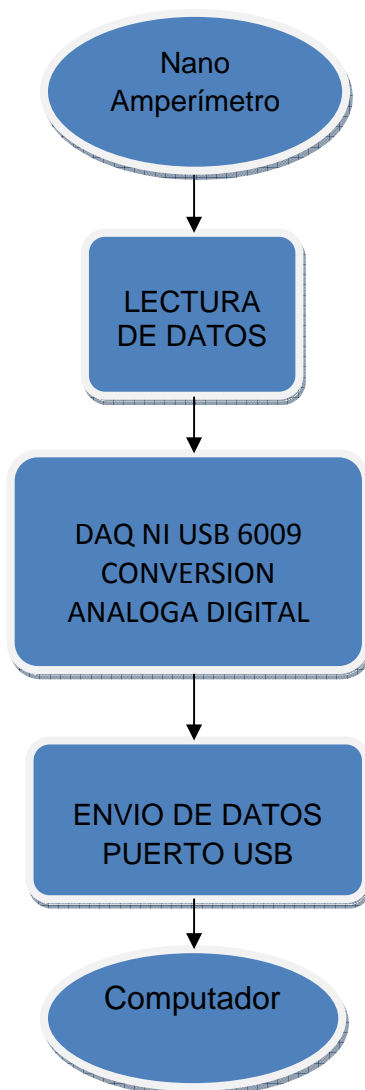


Figura 2-15.- Diagrama de Flujo de adquisición de datos.

2.5.1 CARACTERÍSTICAS NI USB 6009

- 8 entradas analógicas (14 bits, 48 kS/s)
- Energizado por bus para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada
- 2 salidas analógicas (12 bits a 150 S/s), 12 E/S digitales; contador de 32 bits
- El software de NI-DAQmx y software interactivo NI LabVIEW SignalExpress para registro de datos
- Compatible con LabVIEW, LabWindows/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET

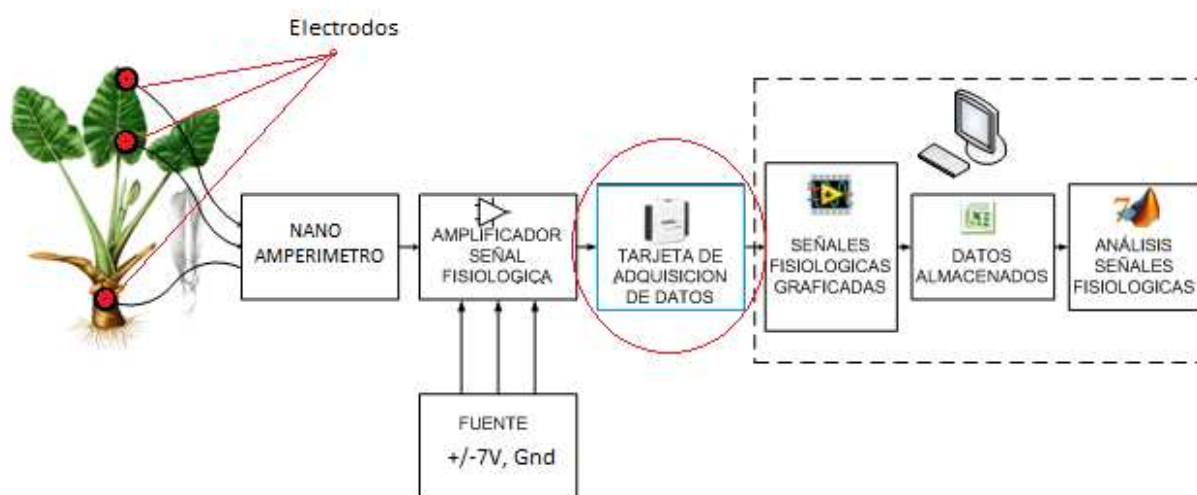


Figura 2-16.- Ubicación de la tarjeta de adquisición de datos DAQ NI 6009 en el banco de trabajo

2.5.2 CONFIGURACION DE LA TARJETA NI USB 6009.

Antes de utilizar la tarjeta de adquisición de datos se debe configurar la entrada análoga, el número de muestra que se va a tomar, el tiempo de muestreo, el rango de la amplitud del voltaje, el modo, la resolución.

Esta tarjeta se la usa en modo diferencial para ocupar los 14 bits de resolución. (Figura 2.20)

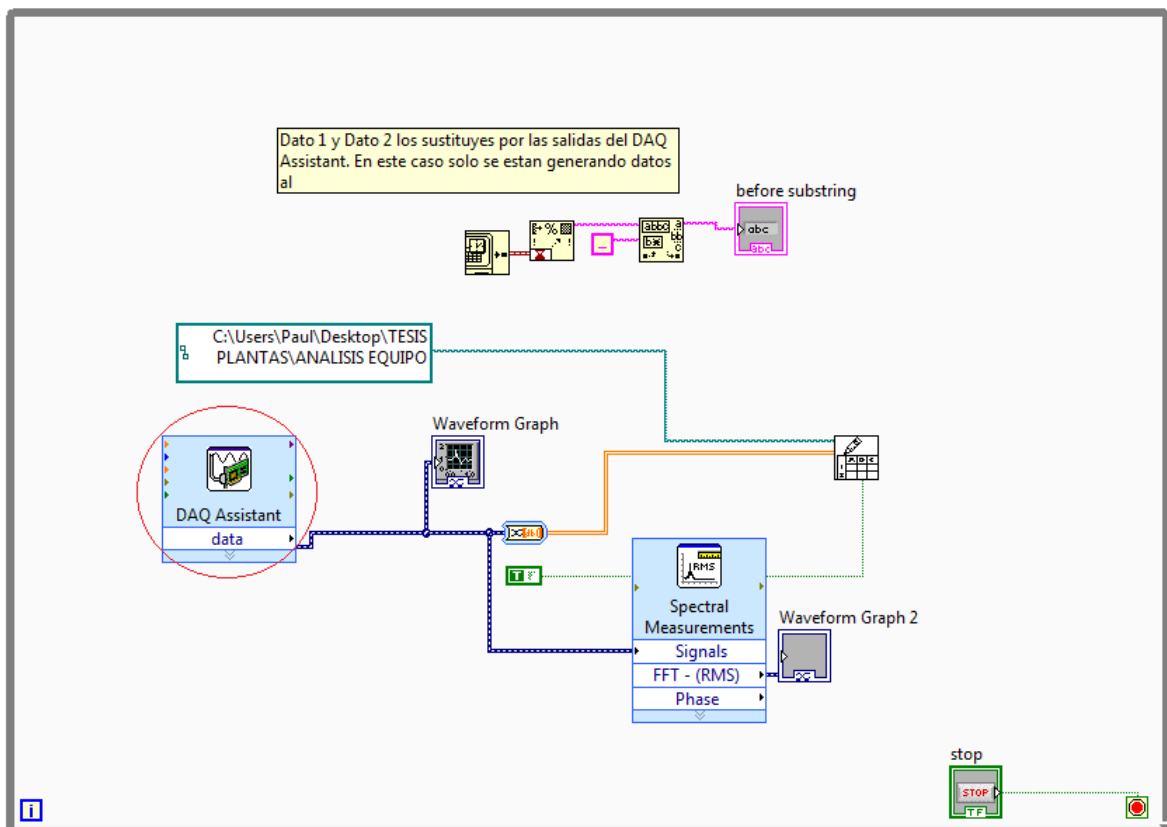


Figura 2-17.- Diagrama de bloques del sistema de monitoreo y registro del sistema de adquisición de datos.

Al dar doble clic en el DAQ Assistan, se despliega la pantalla de configuración:

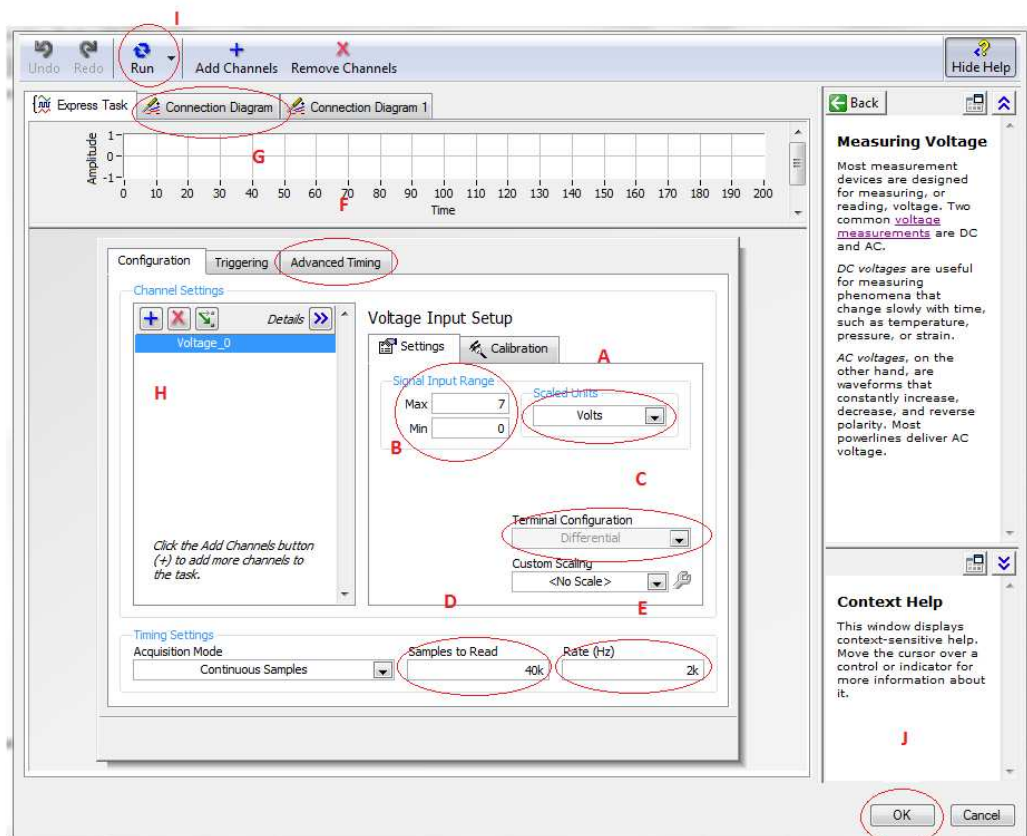


Figura 2-18.- Panel de configuración de los parámetros de operación del DAQ

- A. Se selecciona la escala en unidades de voltios.
- B. El rango dentro del cual va a realizarse las medidas, en este caso +/- 5v
- C. Se selecciona el modo diferencial para que el DAQ pueda tomar valores positivos y negativos con una resolución de 14 bits.
- D. Se selecciona el numero de muestras que va a tomar.
- E. Se selecciona el tiempo de muestreo es decir cuántas muestras por segundo se van a tomar.
- F. Se selecciona el timeout, el tiempo de cada muestra en este caso, se toman muestras cada 20 segundos.

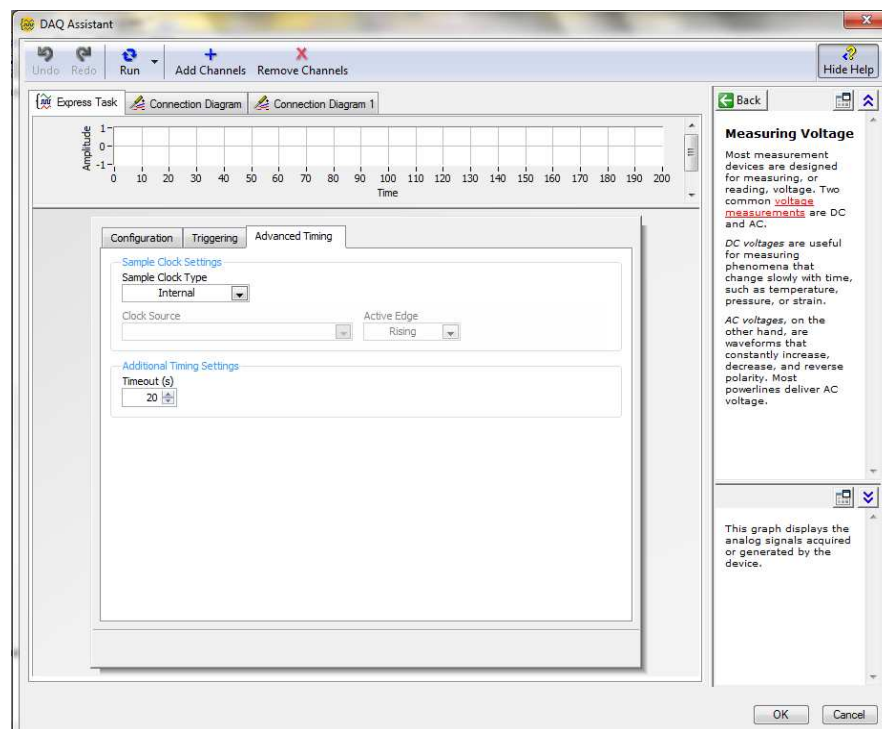


Figura 2-19.- Diagrama de conexión de la Tarjeta de adquisición de datos.

- G. Incluso permite visualizar la forma correcta de cómo se debe hacer las conexiones en los terminales de entrada entre la fuente de señal y el DAQ.

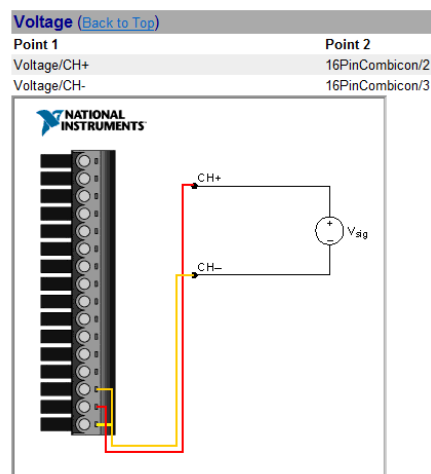


Figura 2-20.- Diagrama de conexión de la Tarjeta de adquisición de datos en modo diferencial.

- H. Se selecciona la entrada analógica uno **ai1**, además la tarjeta debe estar especificada para medir voltaje.

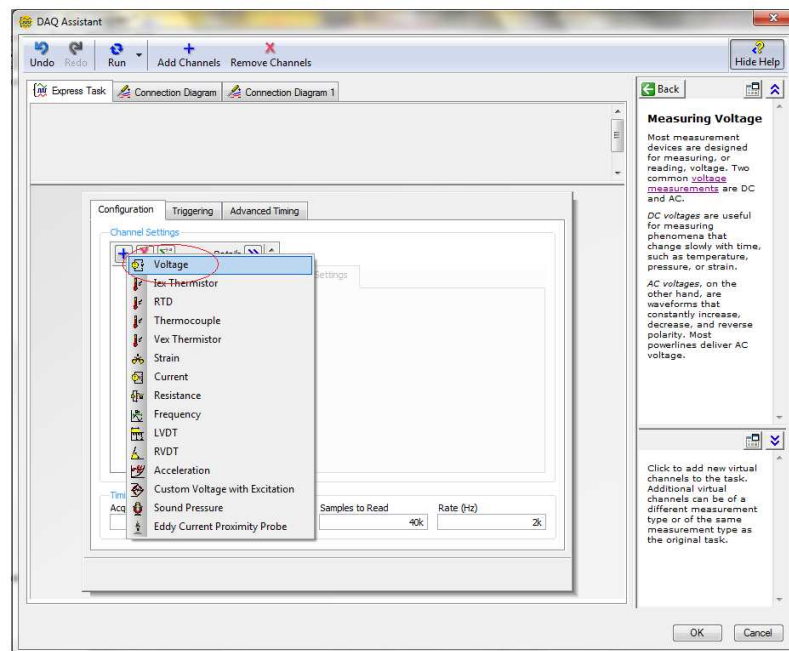


Figura 2-21.- Ventana de configuración del DAQ NI 6009 para medir voltaje

- I. Este panel permite hacer una visualización en tiempo real de los datos que se están adquiriendo.

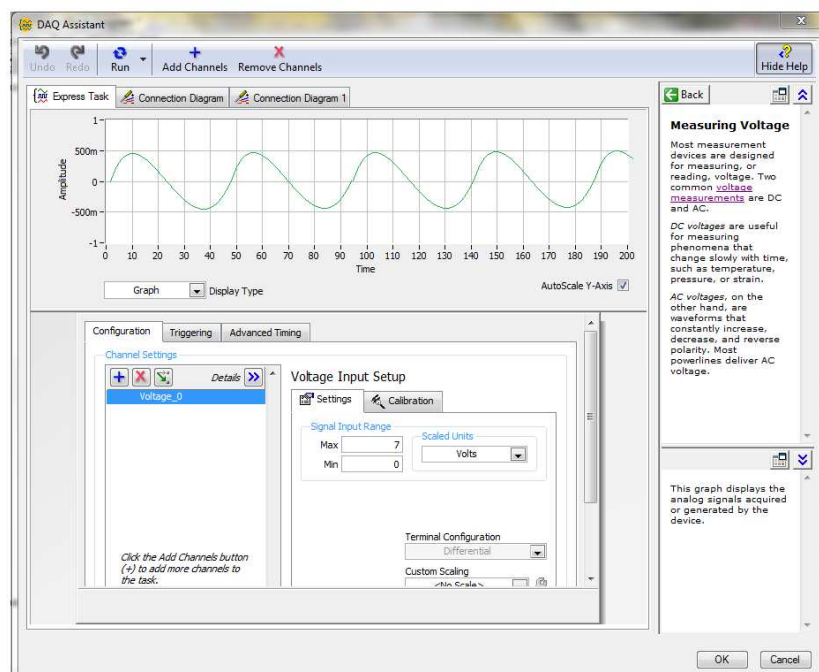


Figura 2-22.- Ventana de visualización de la señal tomada en tiempo real.

- J. Para finalizar la configuración se presiona OK y listo.

2.6 SOFTWARE EN LABVIEW UTILIZADO

Las señal del biopotencial que llega al DAQ es leída por el puerto serial (USB2) del computador, el muestreo se realiza a 40 KHz.

Se escoge esta escala para determinar si suceden cambios relevantes dentro de este rango de 0Hz a 40KHz.



Figura 2-23.- Panel frontal en Labview (DATA LOG6).

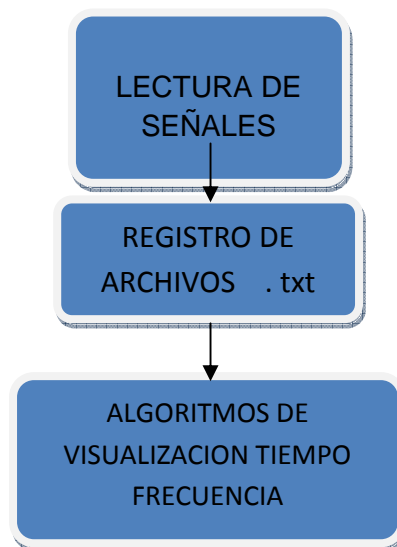


Figura 2-24.- Diagrama de flujo desarrollado en el labview

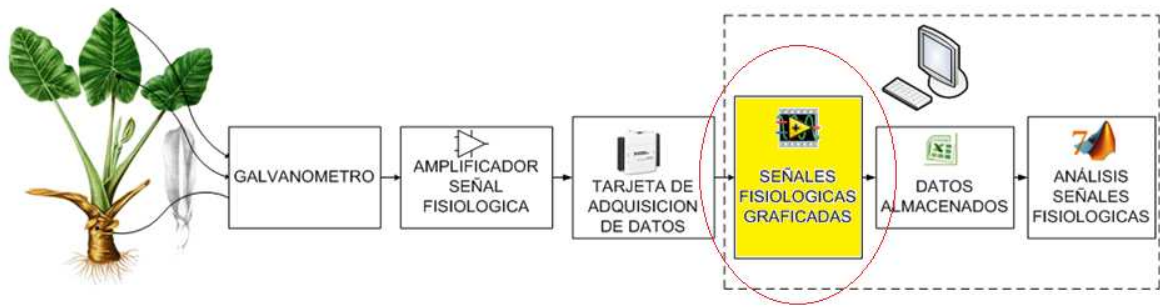


Figura 2-25.- Software desarrollado en Laveiw

LABVIEW, permite visualizar y registrar las señales adquiridas por el DAQ, indicando el comportamiento bioeléctrico de la planta vegetal en el tiempo y en el espectro de frecuencias. Ver Anexo 3

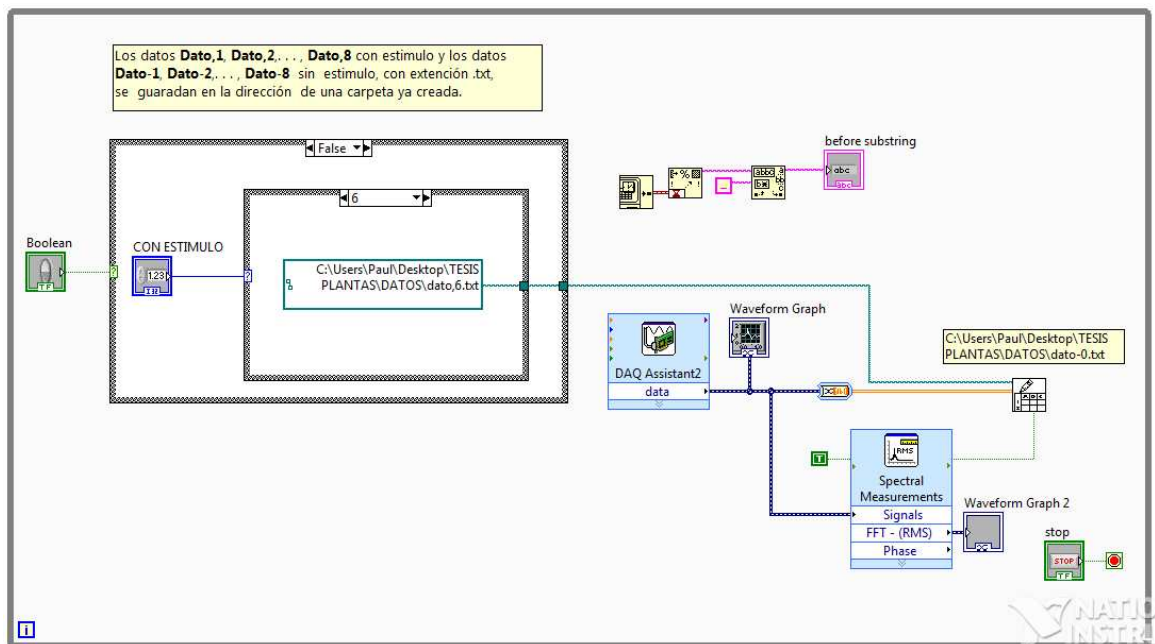


Figura 2-26.- Diagrama de bloques del sistema de visualización, registro y adquisición de datos en Laveiw (DATALOG6) .

Se crea un archivo .txt de todas las muestras tomadas, el mismo que se guarda en una extensión predeterminada. (Figura 2.27)

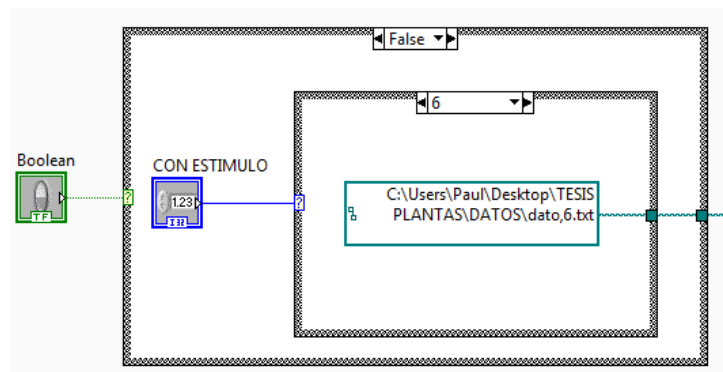


Figura 2-27.- Bloque para definir la dirección de archivo Laviwew

En este caso el archivo .txt creado se guarda en la dirección C:\Documents and Settings\PCpaul\Desktop\07-07-2010\sin luz\con estimulo2.txt

Double

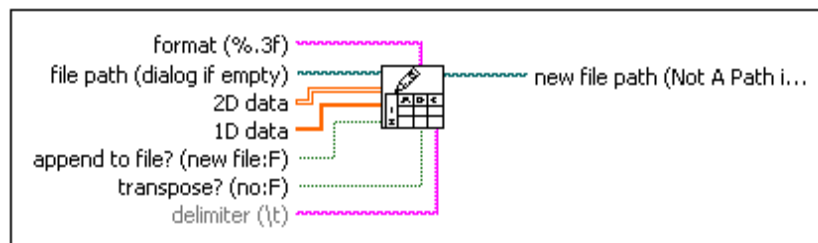


Figura 2-28.- File I/O VIs and Functions Laviwew

Creas una matriz de una o dos dimensiones en forma vertical o transpuesta con los datos de las muestras en forma de archivo .txt, el mismo que puede ser abierto como bloc de notas o como hoja de cálculo en el Excel.

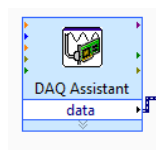


Figura 2-29.- DAQ Assistant

Creas, revisas, y ejecutas tareas que usan la tarjeta NI-DAQ 6009

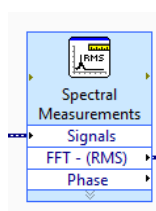


Figura 2-30.- Spectral Measurements

Analiza los espectros de la señal que se ingresa aplicando la *fft*. Se usa esta medida típicamente con medidas más avanzadas que requieren magnitud e información de la fase.

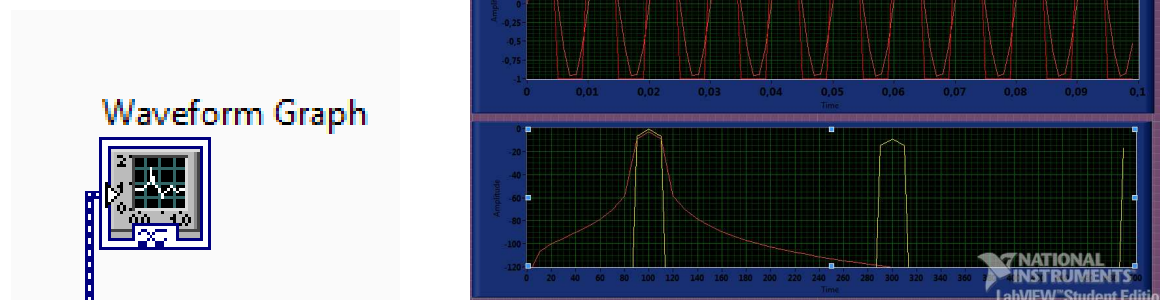


Figura 2-31.- Paneles graficadores de la señales registradas en tiempo y e frecuencia.

Permite visualizar las lecturas en tiempo real de las señales que ingresan al computador a través del NI DAQ.

2.7 TEORIA DE PDS PARA INVESTIGAR CAMBIOS ENTRE SITUACIÓN INICIAL (SIN NINGÚN ESTÍMULO) VS SITUACIÓN CON ALGÚN ESTÍMULO UTILISANDO MATLAB

El Matlab es una herramienta eficaz para realizar el PDS. Las herramientas con las que cuenta este lenguaje de programación nos permite implementar toda una teoría en el PDS y así mismo tratar los problemas más comunes que se presentan al respecto, como son el de resolución, detección y supresión de ruido.

Se analizan las muestras tanto en el dominio del tiempo como en el de la frecuencia, de esto, las graficas obtenidas nos permiten hacer una clasificación según si las muestras presentan diferencias de potencial, o de frecuencias respectivamente al estar sometido bajo la influencia de cierto estimulo y en condiciones normales (sin estimulo).

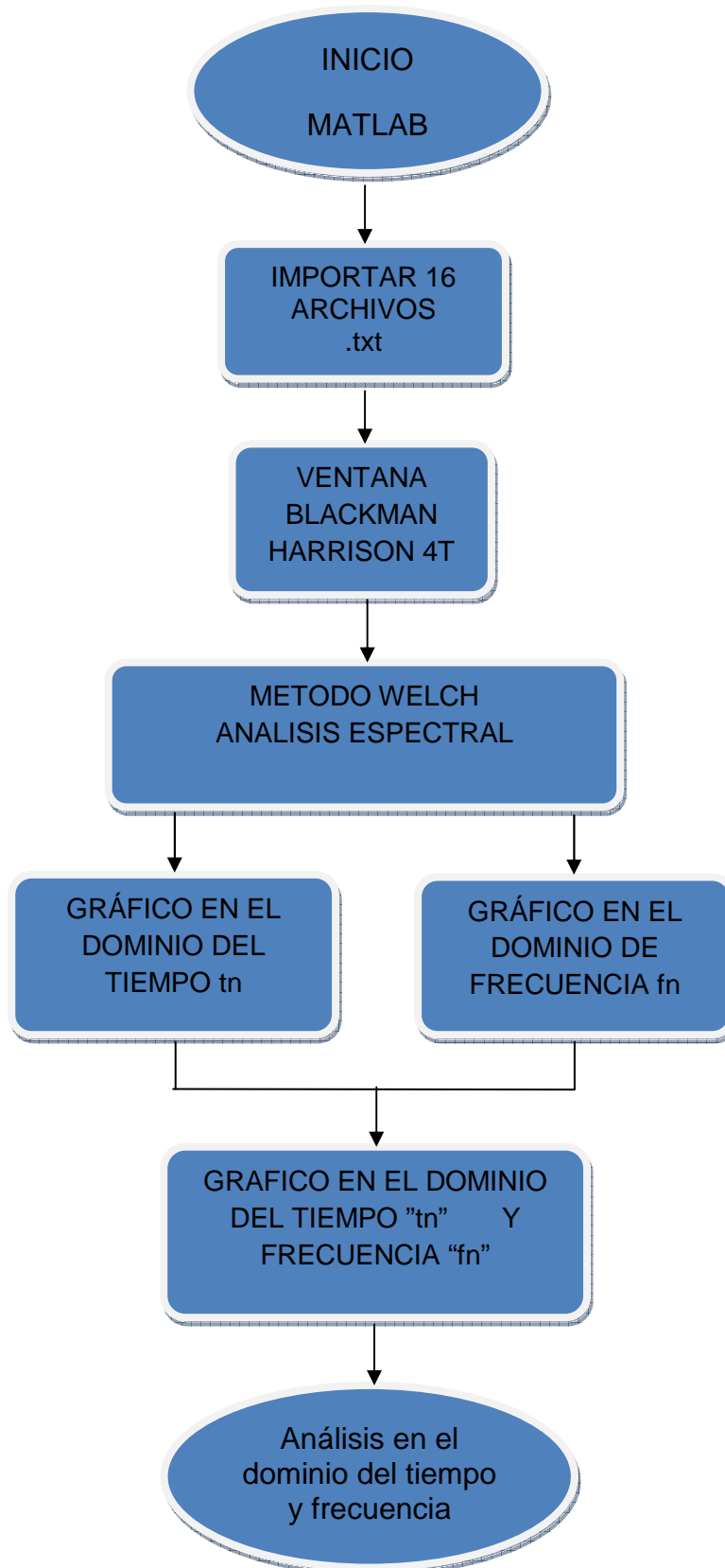


Figura 2-32.- Diagrama de flujo del sistema de procesamiento digital de señales

2.7.1 ANÁLISIS ESPECTRAL Y MÉTODOS TIEMPO FRECUENCIA

2.7.1.1 Métodos mejorados: Reducción de fuga espectral.

1. El periodograma mejorado: teoría de ventanas
 - El problema de resolución en frecuencia
 - El problema de detección
2. Métodos mejorados de promediado para reducir el efecto del ruido:
 - Métodos de Bartlett Y Welch

2.7.1.1.1 El periodo grama mejorado: Teoría de ventanas

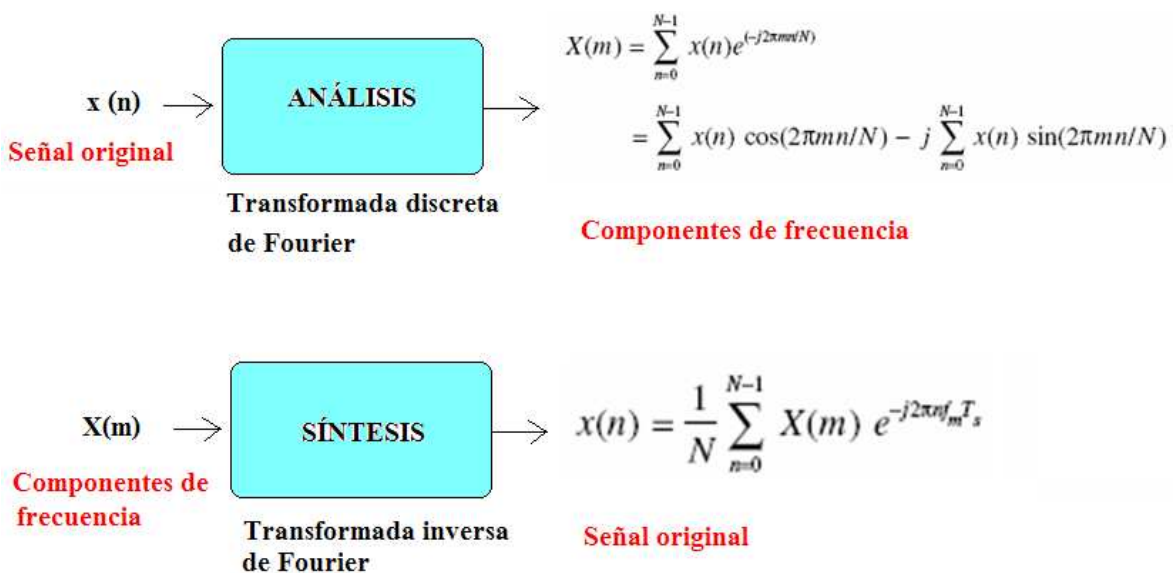


Figura 2-33.- Transformada de Fourier: Limites finitos

Se observa que en las fórmulas tenemos un número de datos finito.

¿ Qué consecuencias trae esto?

La DTF requiere un conjunto de datos finito, entonces lo que ocurre es que se toma una parte de los datos de la siguiente manera:

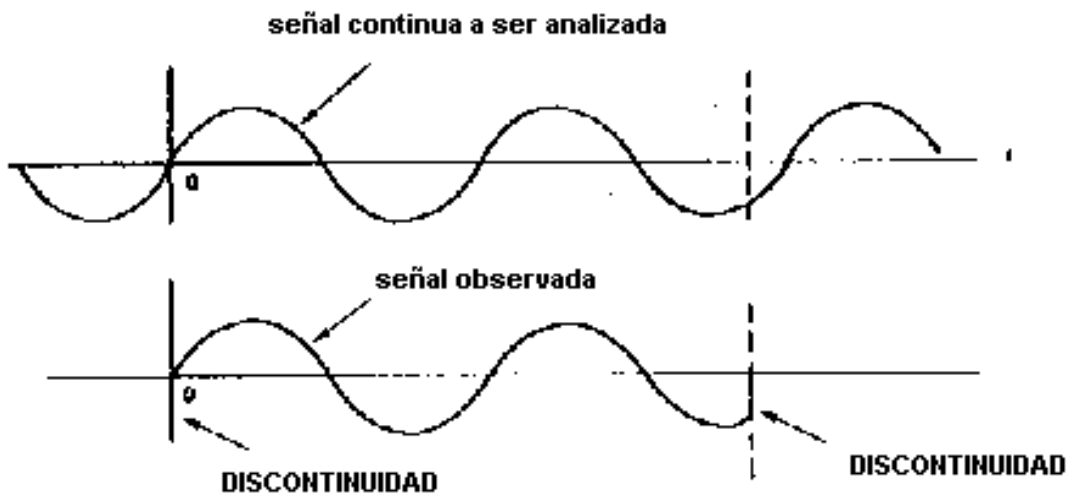


Figura 2-34.- toma de datos finitos para DTF

Lo cual equivale a haber realizado una multiplicación de la señal con una señal rectangular que seleccione solamente la porción a analizar, es decir, realizar un enventanado con una ventana rectangular:

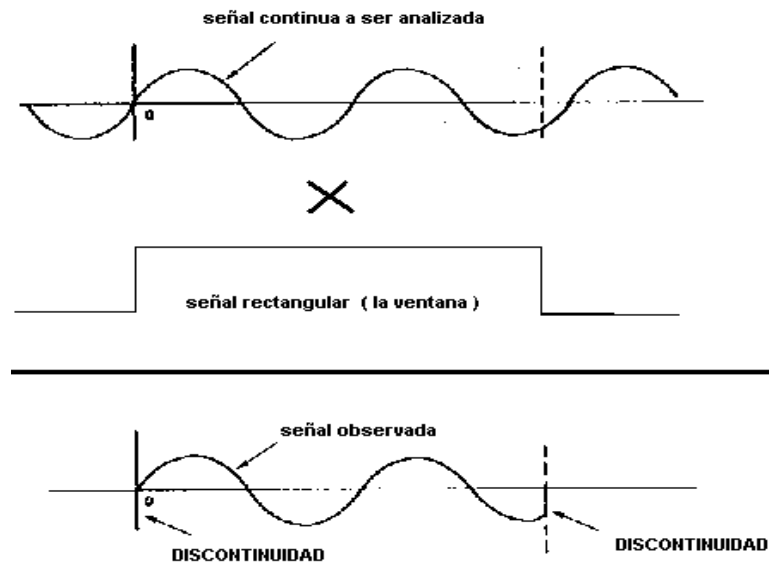
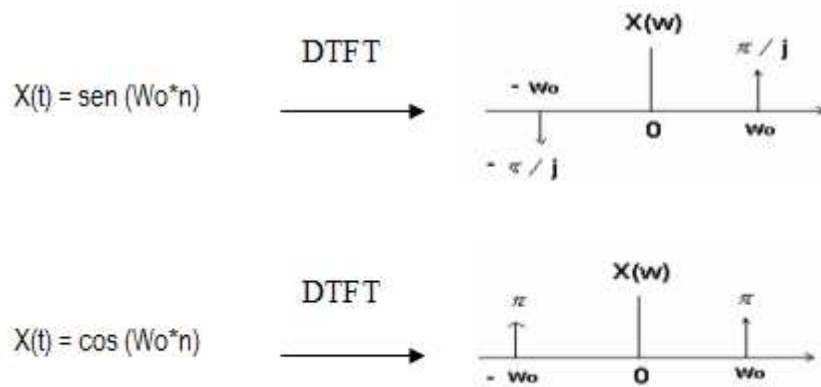


Figura 2-35.- Enventanado de la señal con una ventana rectangular

¿Qué efectos traerá el enventanado?

Ya que cualquier señal se puede expresar como una suma de senos y cosenos (serie de Fourier), entonces si analizamos lo que le pasa a un tono, por SUPERPOSICIÓN ya sabríamos cómo actúa la ventana sobre la señal completa.

Analizando por separado: tono (seno) y ventana cuadrada



Es una pareja de pulsos ubicados en $+W_o$ y en $-W_o$ (que se repite con periodo $2 \cdot \pi$).

Figura 2-36.- Análisis del tono

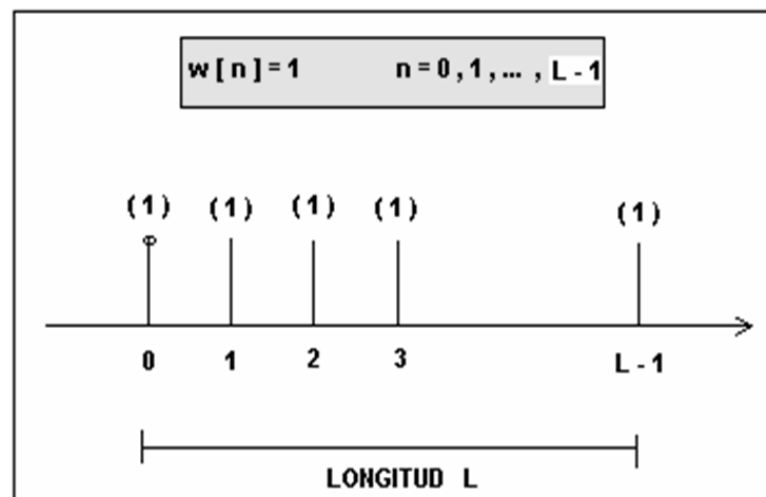


Figura 2-37.- Análisis de la ventana cuadrada

- La transformada de Fourier de la Ventana Cuadrada es:

$$W(\omega) = W(e^{j\omega}) = \sum_{n=0}^{L-1} e^{-j\omega n} = e^{-j\omega(L-1)/2} \frac{\text{sen}(\omega L / 2)}{\text{sen}(\omega / 2)}$$

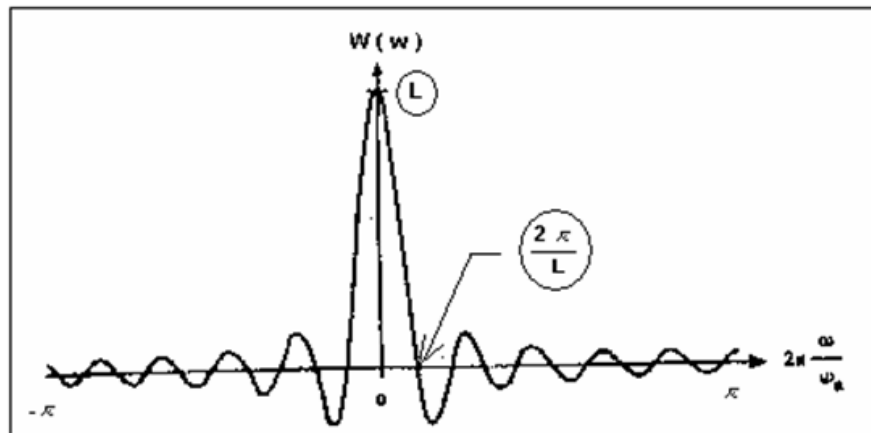
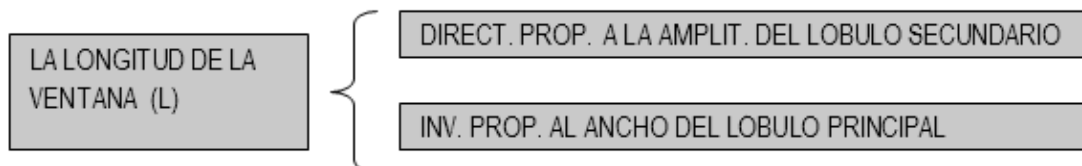


Figura 2-38.- Transformada de Fourier de la ventana cuadrada

Tenemos un **LÓBULO PRINCIPAL** Y **VARIOS LÓBULOS SECUNDARIOS** que van en decremento conforme nos alejamos del origen

CONCLUSIÓN:

Influencia de la longitud de la ventana (l)



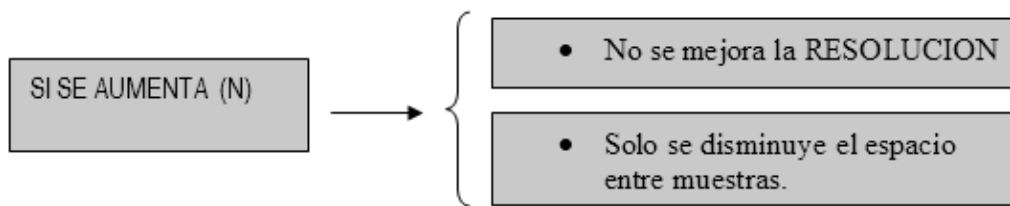
¿Cómo afecta el valor de n (Número de muestras de la DFT)?

Al aumentar el número de muestras tomadas, **visualizamos mejor el espectro de potencia** y así **evitamos ambigüedades:**

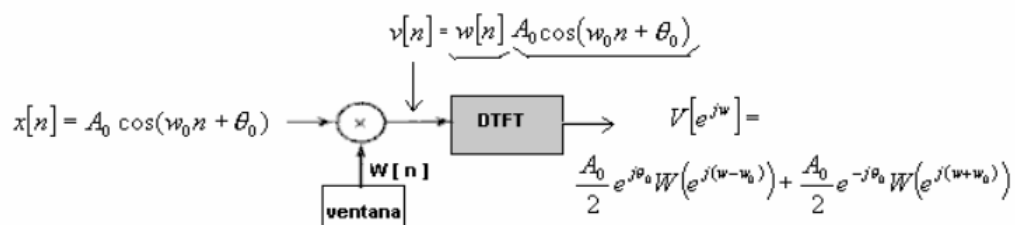
Conseguimos en la **ESTIMACIÓN:** **posición y tamaño exactos** de los tonos .

Si $N > L$, simplemente se llena con ceros (**ZERO PADDING**).

Debe quedar claro que **no se gana RESOLUCIÓN EN FRECUENCIA** pues **la envolvente del módulo de la DTF sigue siendo la misma.**



Ahora de La Señal * Ventana



$$v[n] = A_0 w[n] \cos(\omega_0 n + \theta_0) = \frac{A_0}{2} w[n] e^{j\theta_0} e^{j\omega_0 n} + \frac{A_0}{2} w[n] e^{-j\theta_0} e^{-j\omega_0 n}$$

Entonces, la DTFT de la secuencia enventanada seria:

$$V[e^{j\omega}] = \frac{A_0}{2} e^{j\theta_0} W(e^{j(\omega-\omega_0)}) + \frac{A_0}{2} e^{-j\theta_0} W(e^{j(\omega+\omega_0)})$$

Conclusión IMPORTANTE: "EFECTO DE MODULACIÓN"

La transformada de Fourier de la señal enventanada está dada por:

"La transformada de Fourier de la Ventana replicada en $\pm \omega_0$ y escaladas en magnitud por

el factor $\frac{A_0}{2} e^{j\theta_0}$ y por el factor $\frac{A_0}{2} e^{-j\theta_0}$ correspondientemente.

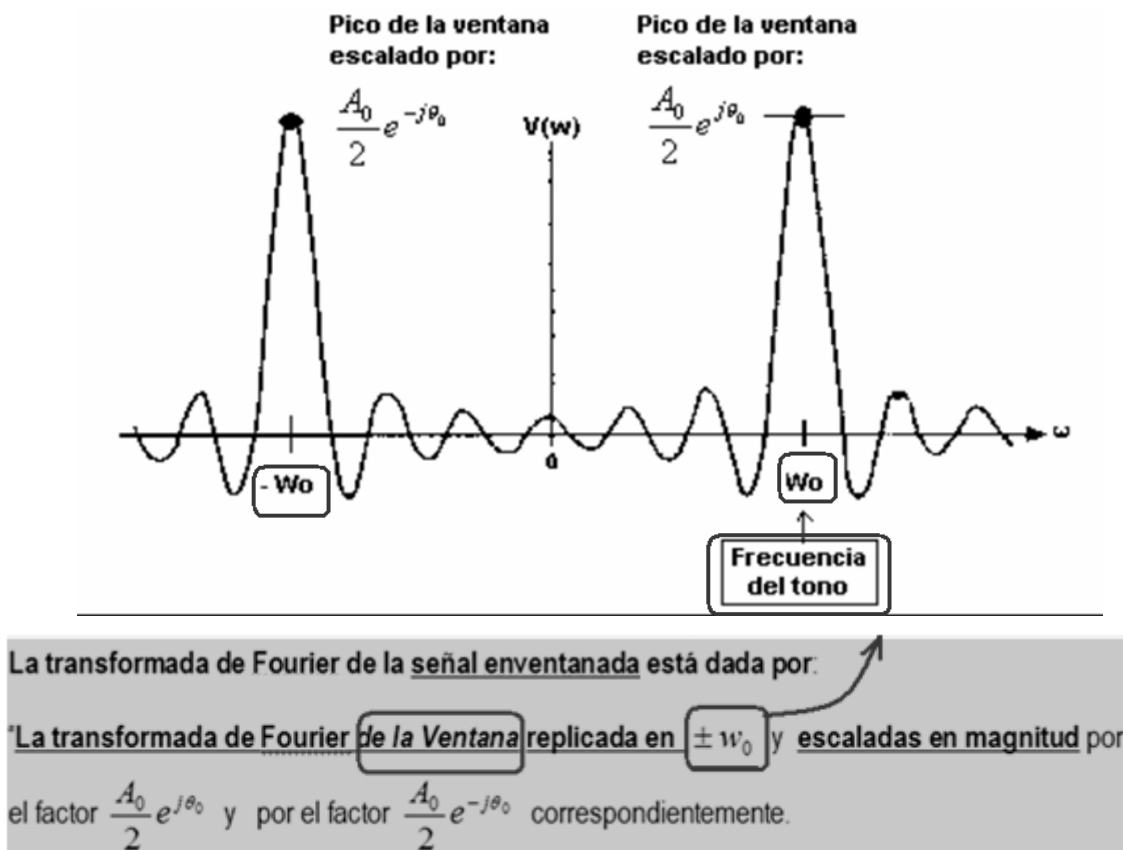


Figura 2-39.- Transformada de Fourier de la señal enventanada

En conclusión Todo depende del tipo de ventana que se utilice

2.7.1.1.2 Consecuencias del empleo de la ventana rectangular

La ventana rectangular es la que tiene menor ancho del lóbulo principal pero también es la que tiene los lóbulos secundarios más grandes.

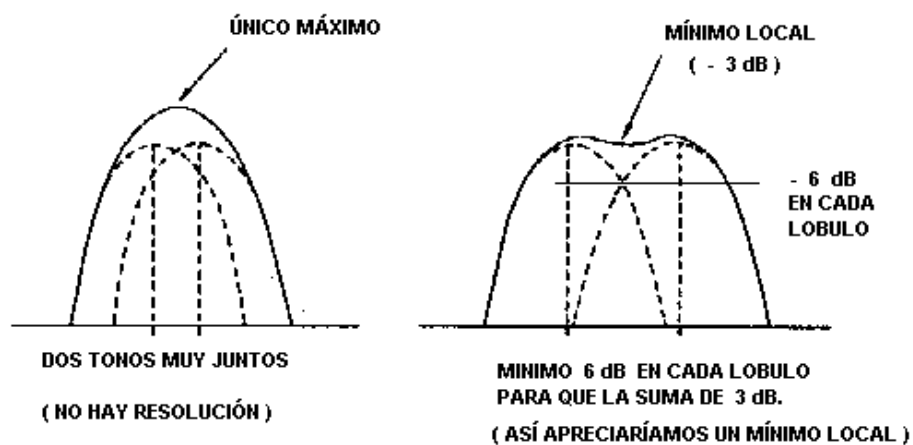


Figura 2-40.- Lobulo principal y secundario en una ventana rectangular

PROBLEMA DE RESOLUCIÓN: Cualquier otro tono que esté dentro del ancho que ocupa el Lóbulo Principal, no será detectado y se creará erróneamente que solo hay un único tono.

FUGA ESPECTRAL (SPECTRAL LEAKAGE): Consiste en que cuando se realice la medición, no solo se encontrara el valor debido al tono real sino además se registra FALSAS MEDIDAS debidas a la forma espectral de la ventana (de la DTFT).

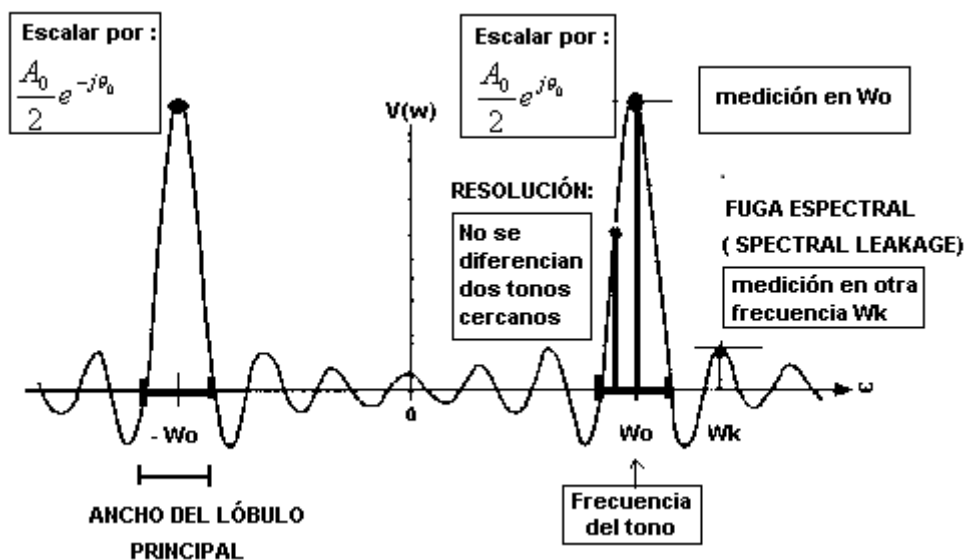


Figura 2-41.- Problemas de resolución y fuga espectral

OTRO TIPO DE VENTANA

Como ya lo hemos visto claramente, los parámetros ideales que debería tener una ventana serían los siguientes:

- Ancho del lóbulo principal: lo más pequeño posible
- Caída rápida del lóbulo principal (fall-off): lo más rápida posible

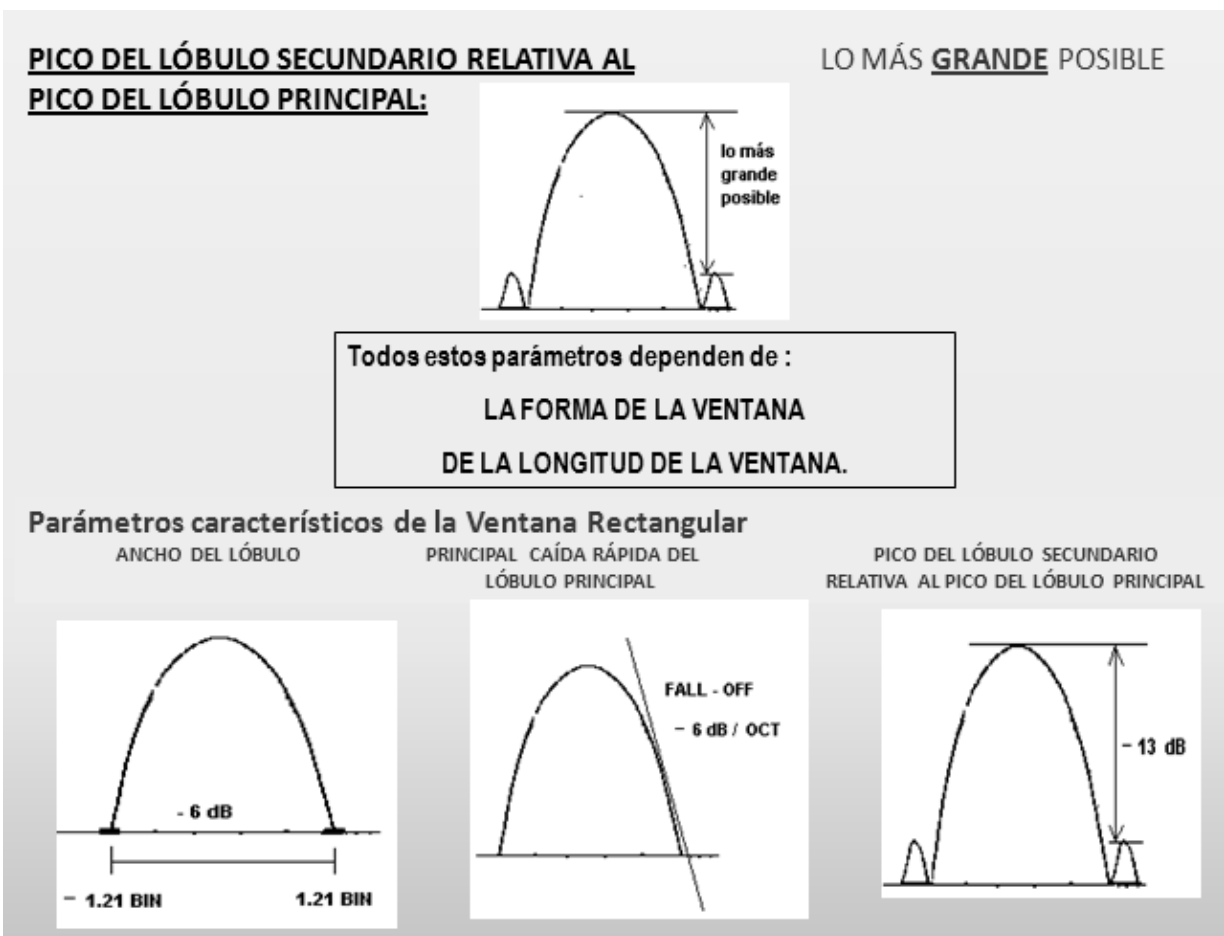


Figura 2-42.- Parámetros característicos de una ventana rectangular

Por lo anterior, para poder comparar el desempeño de los diferentes tipos de ventanas (diferentes formas), debemos fijar la LONGITUD DE VENTANA (L):

En nuestro estudio de las diferentes ventanas, fijaremos así:

Longitud de la ventana (L) = 25

2.7.1.1.3 Ventana de Hanning $\cos^2(x)$

En el tiempo

$$w[n] = \cos^2\left[\frac{n}{L}\pi\right] \quad n = -L/2, \dots, -1, 0, 1, \dots, L/2$$

La misma ventana, para la **DTF** se define así:

$$w[n] = \sin^2\left[\frac{n}{L}\pi\right] \quad n = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

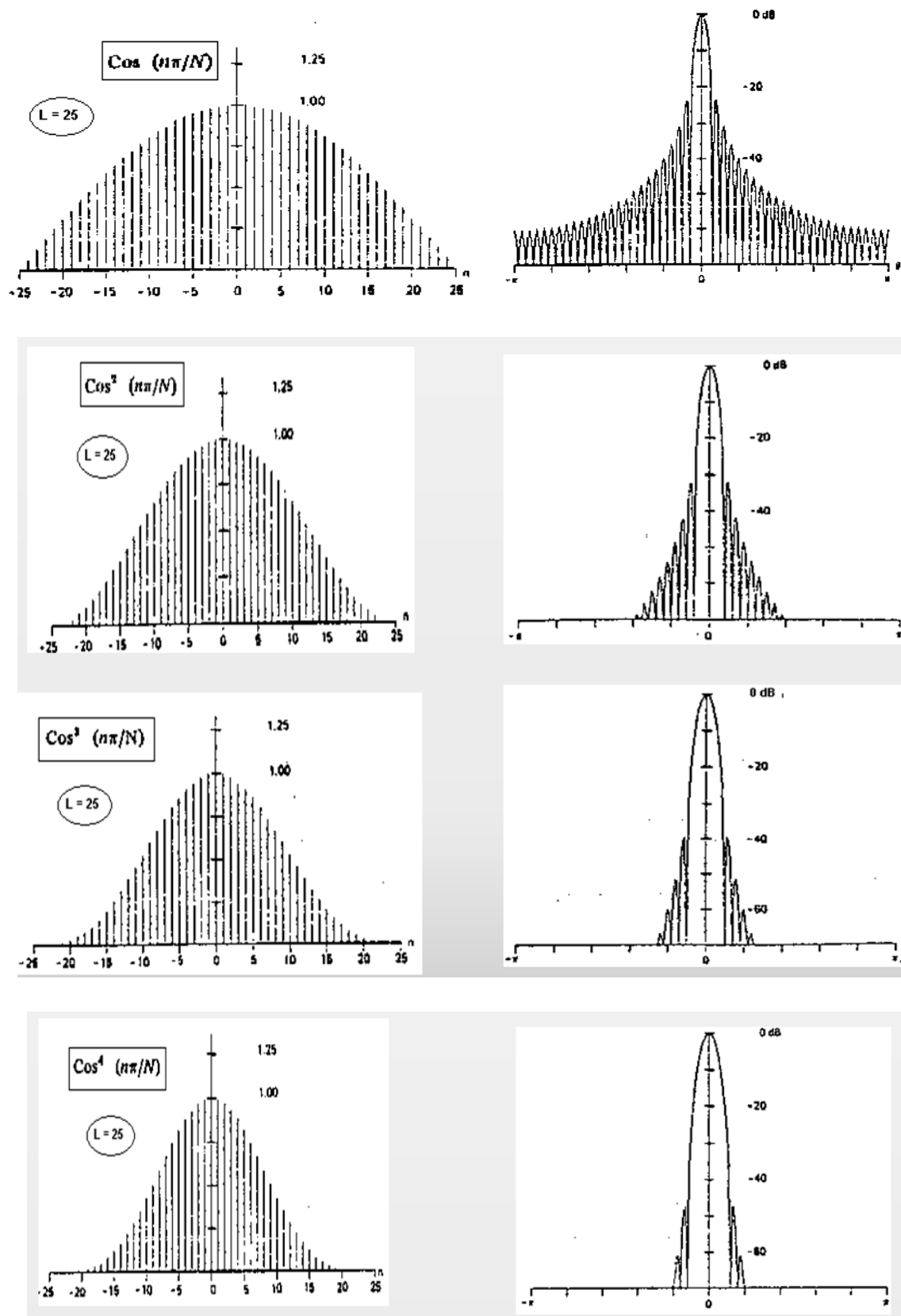


Figura 2-43.- Ventana de Hanning con diferentes n (muestras)

Al crecer ALFA los extremos de las ventanas en el tiempo se hacen más suaves y en la frecuencia los Lóbulos laterales decrecen.

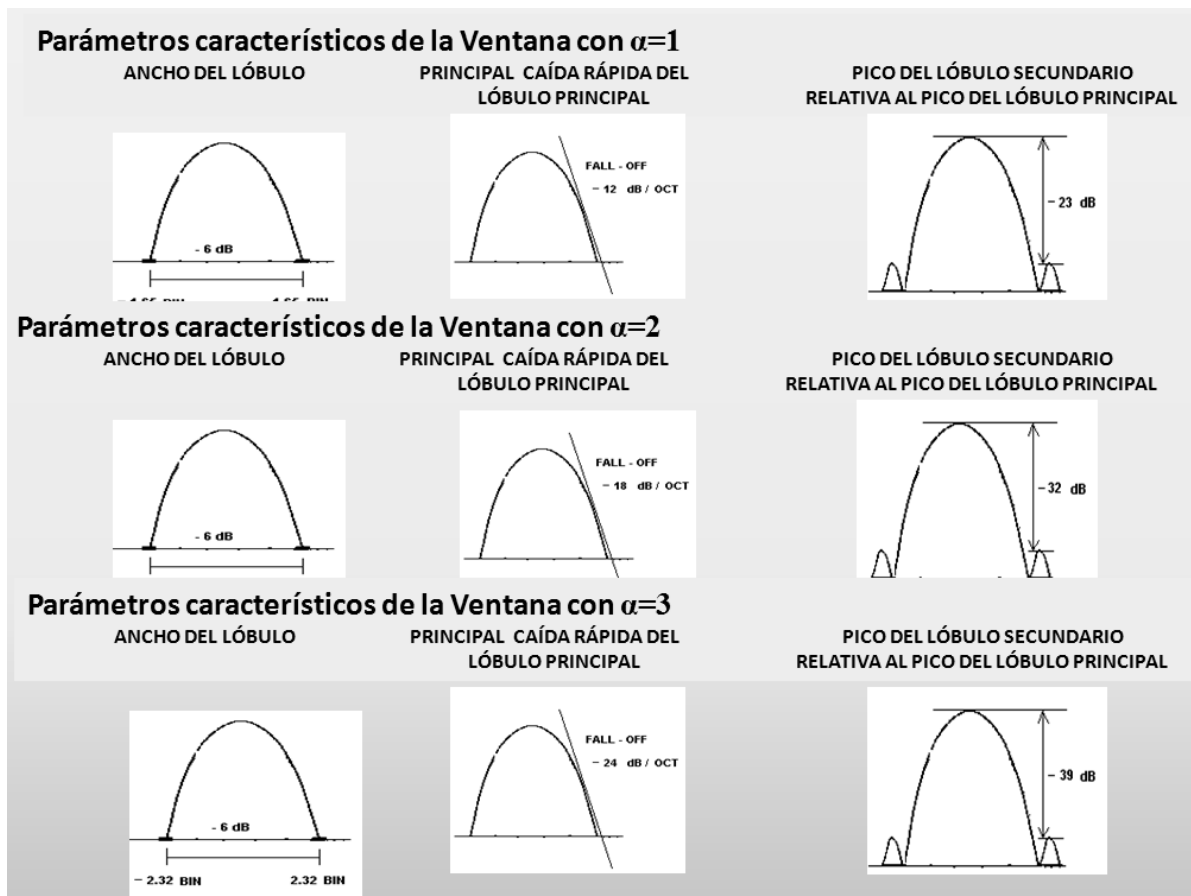


Figura 2-44.- Resumen de los parámetros característicos

EJEMPLO

Utilizar la función desarrollada con una longitud de 100 para enventanar la siguiente función:

$$y = \sin(2\pi t * 3) + 0.35 * \text{rand} * \sin(2\pi t * 40)$$

Se utiliza la función **wincos** de 4 potencia por la mayor diferencia de atenuación entre picos.

```
close all; clear all;
```

```
% ventana de  $\cos(x)^4$  de 100 puntos:
```

```
w = wincos(100,4);
figure(2)
subplot(2,2,1)
plot(w)
title('Ventana de  $\cos(x)^4$  continua')
subplot(2,2,2)
stem(w)
title('Ventana de  $\cos(x)^4$  discreta')
```

```
% Señal original:
```

```
Fs = 100;
t = 0:1/Fs:1; % 1x101
y1 = sin(2*pi*t*3)+.35*rand*sin(2*pi*t*40); %1x101
```

```
% señal eventanada por wincos:
```

```
y1_eventanada=y1' .*wincos(length(y1),4);
```

```
y=length(y1)
figure(2)
subplot(2,2,3)
plot(t,y1)
title('Señal Original')
grid on
subplot(2,2,4)
plot(t,y1_eventanada)
title('Señal Eventanada por  $\cos(x)^4$ ')
grid on
```

Resultado De La Función Implementada

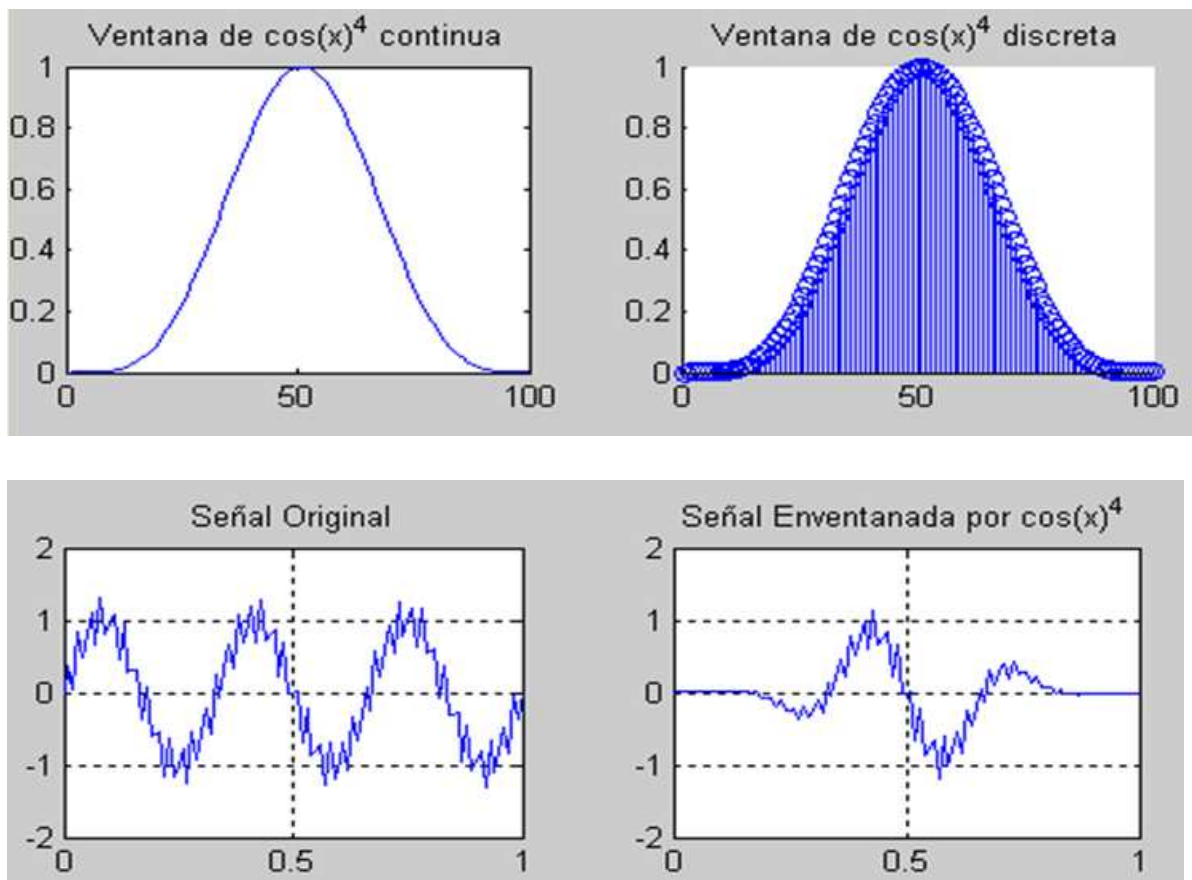


Figura 2-45.- Funcion eventanada con $\cos(x)^4$

2.7.1.1.4 Ventana Blackman

Es una generalización de la ventana de Hanning, expresado como una suma de kernels Dirichlet:

En el tiempo:

$$w[n] = \sum_{m=0}^{L/2} a_m \cos\left[\frac{2\pi}{L} mn\right] \quad n = -L/2, \dots, -1, 0, 1, \dots, L/2$$

En el tiempo, PARA LA DTF, SE DEFINE ASÍ:

$$w[n] = \sum_{m=0}^{L/2} (-1)^m a_m \cos\left[\frac{2\pi}{L} mn\right] \quad n = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

Entonces, la DTFT de la ventana de Blackman expresada como una suma de Kernels Dirichlet es:

$$W(\theta) = \sum_{m=0}^{L/2} (-1)^m \frac{a_m}{2} \left[D\left(\theta - \frac{2\pi}{L} m\right) + D\left(\theta + \frac{2\pi}{L} m\right) \right] \quad \text{Sujeta a la condición: } \sum_{m=0}^{L/2} a_m = 1$$

Podemos construir ventanas con K coeficientes y así tener (2K - 1) sumas de kernels Dirichlet.

Blackman examinó la ventana para K = 3:

La posición del tercero y cuarto lóbulos secundarios del kernel Dirichlet ubicados en:

$$\theta = 3.5(2\pi/L) \quad \text{y en} \quad \theta = 4.5(2\pi/L)$$

Entonces, los coeficientes encontrados son:

$$a_0 = \frac{7938}{18608} = 0.42659071 \approx 0.42$$

$$a_1 = \frac{9240}{18608} = 0.49656062 \approx 0.50$$

$$a_2 = \frac{1430}{18608} = 0.07684867 \approx 0.08$$

Si empleamos los coeficientes aproximados, tenemos una VENTANA DE BLACKMAN:

$$W[n] = 0.42 + 0.50 \cos\left[\frac{2\pi}{L}n\right] + 0.08 \cos\left[\frac{2\pi}{L}2n\right] \quad n = -L/2, \dots, -1, 0, 1, \dots, L/2$$

Si empleamos los coeficientes exactos, tenemos una VENTANA DE BLACKMAN EXACTA

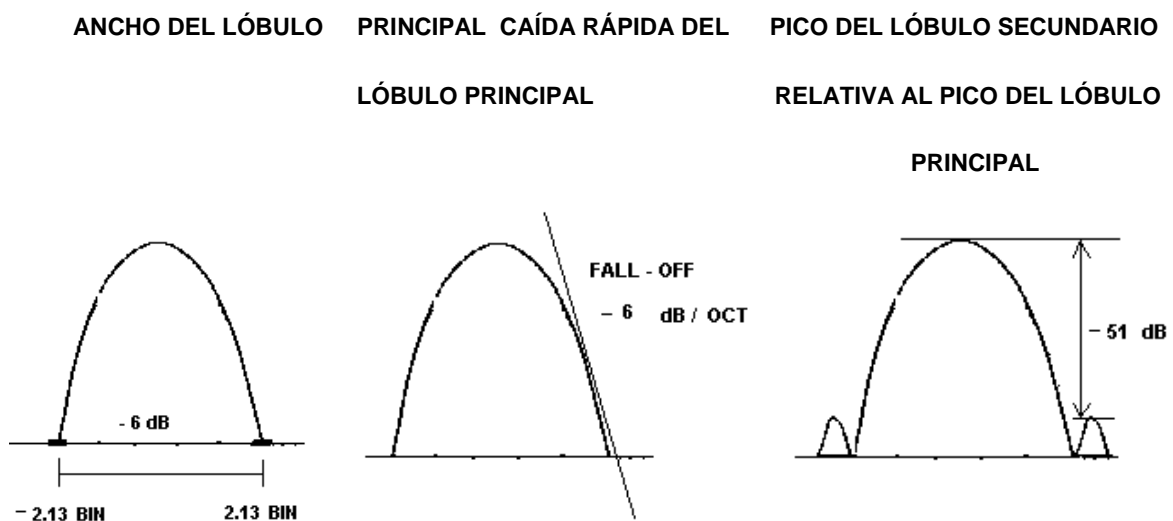


Figura 2-46.- Parámetros característicos de la Ventana de Hamming

OBSERVACIÓN: En cuanto a la verificación de la suma de los coeficientes:

- Blackman: $0.42 + (-0.5) + 0.08 = 1$

La VENTANA DE BLACKMAN es **continua** con una **primera derivada continua**. En los límites o bordes cae como $1/w^3$ ó de 18 dB / octava.

- Blackman Exacta: **La suma es DIFERENTE DE 1.º**

Los términos exactos (como en la Ventana de Hamming), y tienen discontinuidad en las fronteras y tienen una caída de aproximadamente $1/w$ ó de 6 dB / octava.

La gráfica del tiempo y de su DTFT las vemos a continuación:

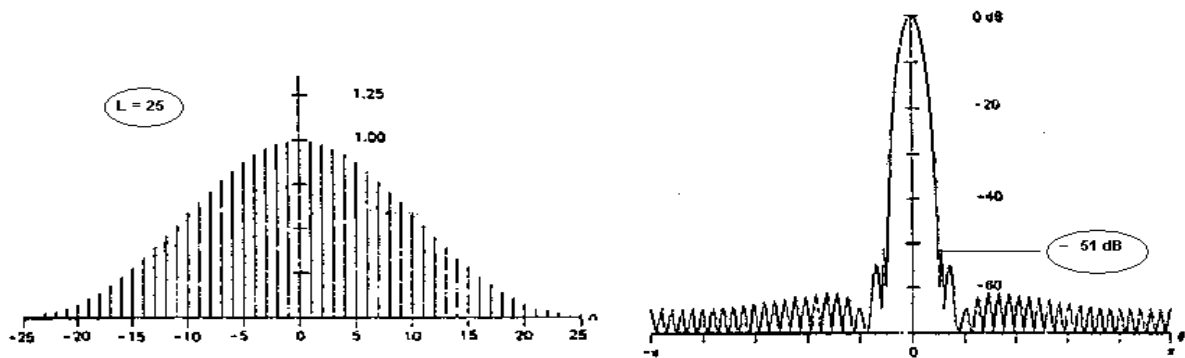


Figura 2-47.- Grafica en el tiempo y de su DTFT

IMPLEMENTACIÓN EN MATLAB

```
function [wt]=winblack(n)
```

```
k=1:1:n-1;
```

```
w(k+1)=0.42-(1/2)*(cos(2*pi*(k/(n-1))))+(0.08)*(cos(4*pi*(k/(n-1))));
```

```
wt=w';
```

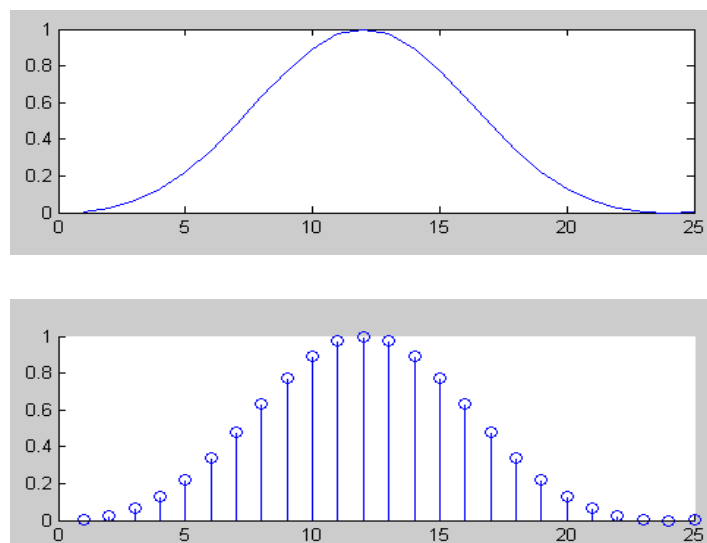


Figura 2-48.- Comparación entre la función implementada y la función directa de matlab

Función Implementada:

Funcion: `wvtool(winblack (25))`

Nivel relativo entre picos (dB): 58.35617

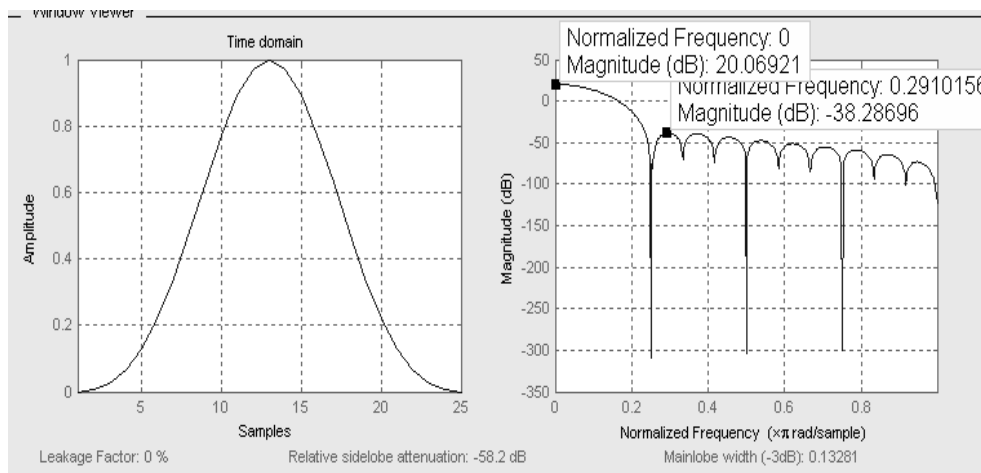


Figura 2-49.- Graficas en el dominio del tiempo y la frecuencia obtenidas a través de la herramienta wvtool:

2.7.1.2 Métodos tiempo – frecuencia

1. El espectrograma
2. El periodograma mejorado: teoría de ventanas

2.7.1.2.1 Aplicaciones de la teoría de enventanado:

Se tiene dos problemas básicos:

- A. Problema de resolución en frecuencias
- B. Problema de detección

En ambos casos no se considera la influencia del ruido para poder visualizar de mejor manera las ventajas del enventanado.

Dicho efecto del ruido y los métodos para disminuir su influencia en el resultado del espectro, lo veremos después en técnicas de Bartlett y de Welch.

2.7.1.2.1.1 Problema de resolución:

Distinguir dos tonos de amplitudes similares, que se encuentran muy juntos

Conviene usar ventana rectangular, es decir, el simple periodograma que siempre usamos.

EL PERIODOGRAMA: Es el módulo del vector complejo obtenido con la **FFT**

Ejemplo:

Se inicia con dos tonos (de amplitudes iguales) de $F_1= 50$ Hz y $F_2=120$ Hz:

```

close all;
clear all;

% Señal contaminada con ruido:
Fs = 1000; % frecuencia de muestreo
Fmax = Fs/2; % frecuencia maxima de la señal
t = 0:1/Fs:1; % eje de tiempo
xn = sin(2*pi*50*t) + sin(2*pi*120*t);
plot(t,xn)

% Cálculo del espectro de potencia:
nFFT = 1024; % El numero de muestras de la DTFT que queremos calcular
Y = fft(xn,nFFT); % La transformada de Fourier: es vector complejo
P1 = Y.*conj(Y)/nFFT; % El periodograma es el modulo del vector complejo

% Daría igual calcularlo así:
P2 = abs(fft(xn,nFFT)).^2/nFFT;

% Visualización la mitad del espectro de potencia:
% La otra mitad es simétrica:

f = 0:Fmax/(length(P1)/2):Fmax;
% eje de frecuencias: queremos la mitad de lo que devuelve FFT
% pues nos da el espectro duplicado

figure
subplot(2,2,1)
plot(f,P1(1:length(f)));
xlabel('Hz')
ylabel('P1(f)')
title('DEP: MÉTODO 1 (lineal)')

subplot(2,2,2)
plot(f,P2(1:length(f)));
xlabel('Hz')
ylabel('P2(f)')
title('DEP: MÉTODO 2 (lineal)')

subplot(2,2,3)
plot(f,20*log10(abs(P1(1:length(f)))),'k');
xlabel('Hz')
ylabel('P1(f)')
title('DEP: MÉTODO 1 (dB)')

subplot(2,2,4)
plot(f,20*log10(abs(P2(1:length(f)))),'r');
xlabel('Hz')
ylabel('P2(f)')
title('DEP: MÉTODO 2 (dB)')

```

RESULTADO DEL PERIODOGRAMA:

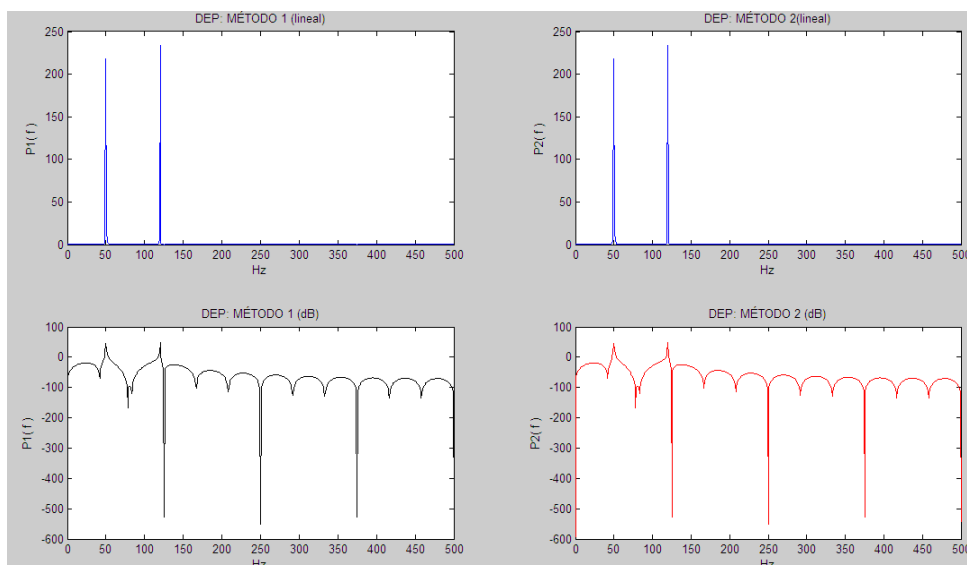


Figura 2-50.- Problema de resolución

Acercando los tonos

50 Y 51Hz: Ya no se puede distinguir los dos tonos.

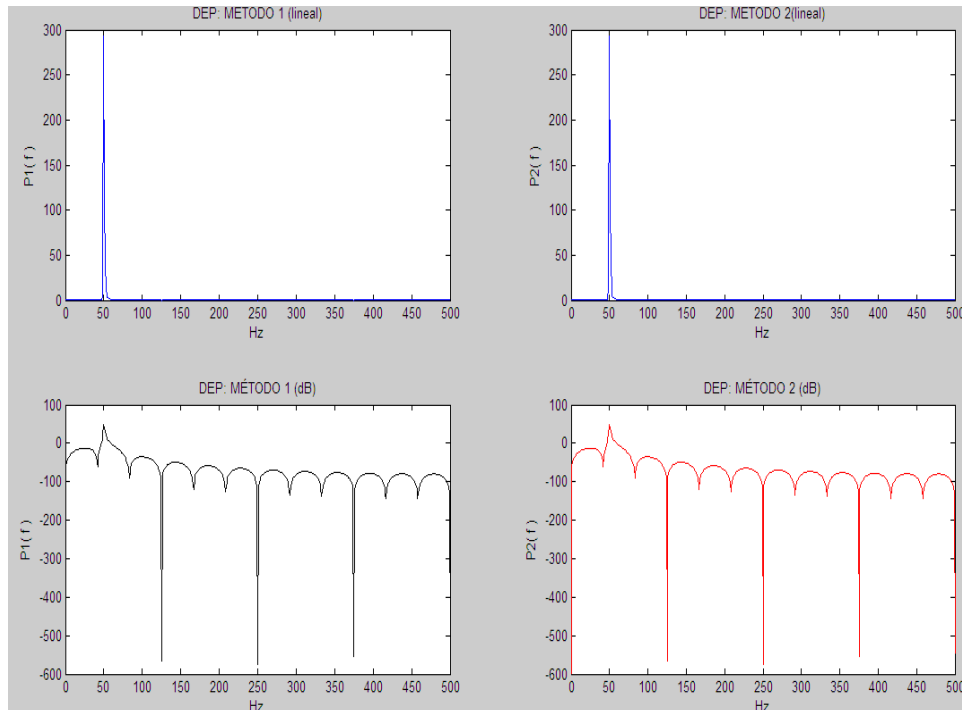


Figura 2-51.- Problema de resolución acercando los tonos

2.7.1.2.1 Teoría de enventanado aplicado al problema de detección problema de detección:

Distinguir dos tonos de amplitudes muy diferentes, que se encuentren juntos o no.

Conviene usar ventana de blackman harrison (4t), es decir, el simple periodograma que siempre se usa pero previamente enventanando la serie temporal con una ventana blackman harrison (4t).

Para ver las ventajas conseguidas en la determinación del espectro de potencias, se enfrenta al enventanado rectangular (periodograma usualmente usado) vs enventanado con blackman harrison (4t) (periodograma mejorado)

Problema de detección de un tono de amplitud pequeña junto a otro de amplitud grande: interesa la mayor diferencia entre el pico del lóbulo principal y el secundario, es decir, fuga espectral mínima.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Se desea detectar un tono de 0.001 (v) ubicado en 100 Hz que está con otro tono de amplitud 1v ubicado en 50 Hz.

- Mostrar una gráfica de la ventana de Blackman – Harrison de 4 T, de 100 puntos.
- Mostrar la señal original y el periodograma simple: ver si se detecta el tono pequeño.
- Mostrar la señal enventanada y el periodograma modificado: ¿ahora se puede detectar el tono pequeño?
- Demostrar que el periodograma modificado permitiría detectar mucho más fácilmente el tono pequeño: sobreponer las dos gráficas.

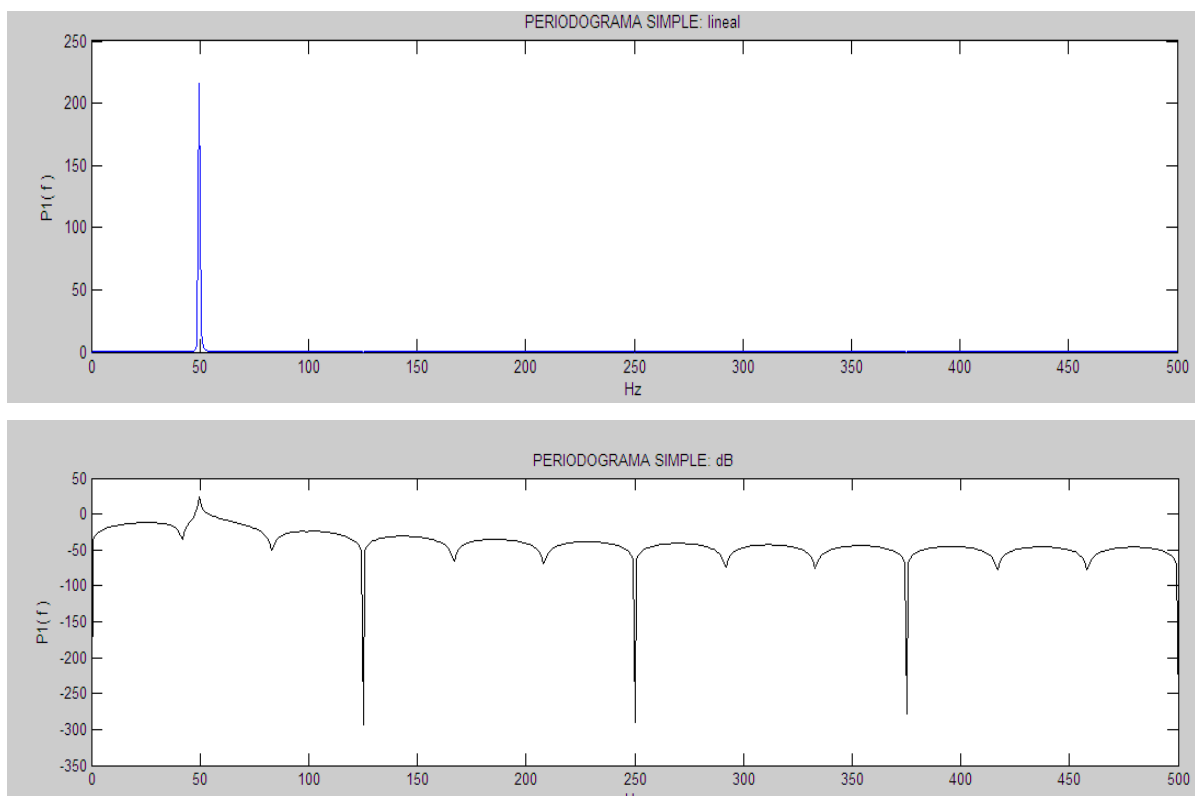


Figura 2-52.- Periodograma simple

El periodograma simple, no puede detectar o distinguir el tono pequeño: aparentemente solo existe el tono grande.

Es necesario desarrollar un método que permita detectar al tono pequeño.

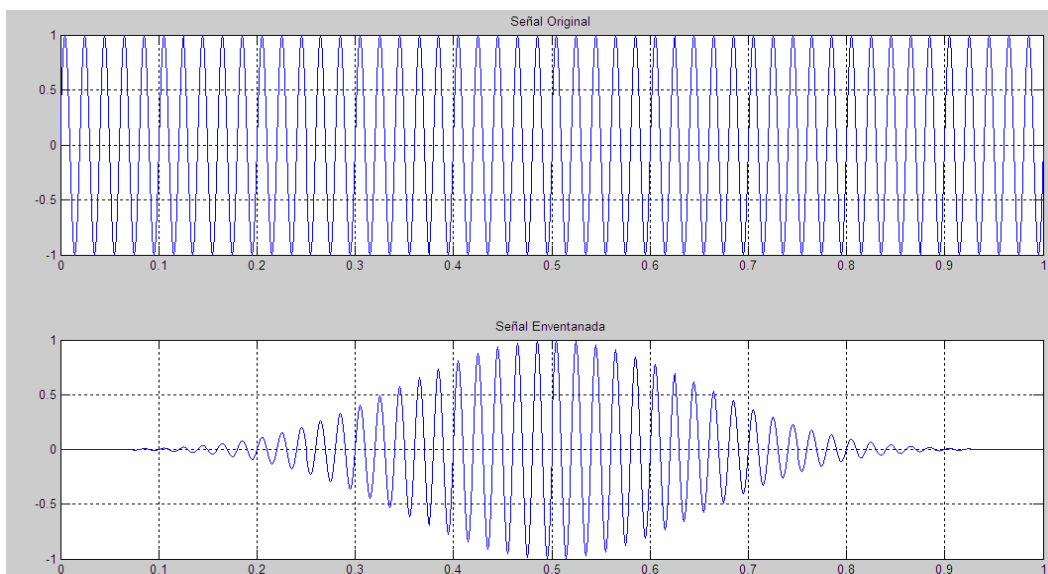
IMPLEMENTACION EN MATLAB

```
% Cálculo del espectro de potencia:

% 2. MÉTODO PERIODOGRAMA MODIFICADO USANDO VENTANA DE BLACKMAN -
HARRISON (4t):

% señal enventanada por medio de una ventana blackman-harrison de 4 terms:
y_enventanada=(xn').* winbkh4(length(xn));

% Grafico de la señal original
figure
subplot(2,1,1)
plot(t,xn)
grid on
title('Señal Original')
% Grafico de la señal enventanada
subplot(2,1,2)
plot(t,y_enventanada)
title('Señal Enventanada')
grid on
```



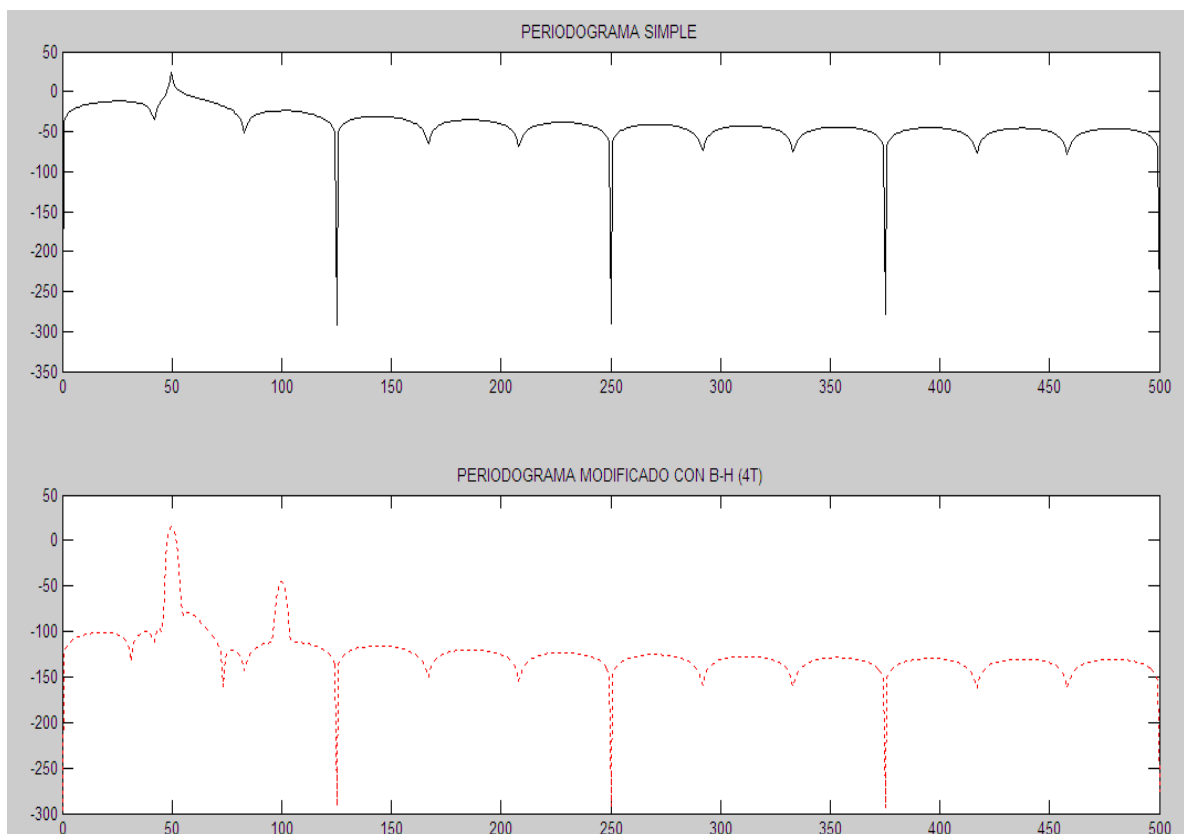


Figura 2-53.- Comparación periodograma simple con periodograma mejorado

El periodograma simple no permite distinguir los dos tonos mientras que el periodograma modificado si puede detectar el tono pequeño.

```
figure
plot(f,10*log10(abs(P1(1:length(f)))),'k');
hold on
plot(f,10*log10(abs(P2(1:length(f)))),'r:');
xlabel('Hz')
legend('PERIODOGRAMA SIMPLE','PERIODOGRAMA MODIFICADO')
title('PERIODOGRAMA SIMPLE VS PERIODOGRAMA MODIFICADO CON B-H (4T)')
grid on
```

2.7.1.3 Métodos mejorados de promediado para reducir el efecto del ruido:

2.7.1.3.1 Métodos de Bartlett y Welch

PERIODOGRAMA MODIFICADO: Ventana diferente a la rectangular

Con este método se redujo la fuga espectral pero no hace nada para reducir los efectos del ruido. Con este propósito nacen los métodos basados en promediado

de periodogramas (Bartlett) o periodogramas modificados traslapados (Welch) cuya idea fundamental consiste en dividir la señal discreta en varias porciones y calcular los espectros de cada una de ella. Los tonos que están presentes en todas las porciones, no sufrirán alteraciones pues se suman n veces y para promediar se dividen para n , es decir, no se modifica el resultado final. Este promediado sí reduce la presencia del ruido en el espectro promediado pues en cada espectro parcial la forma del ruido es diferente por lo que al dividir para n , el resultado final será que el espectro debido al ruido ha sido reducido. Básicamente tenemos dos métodos de promediado de espectros:

2.7.1.3.1.1 *Método de Bartlett*: Promediado de periodogramas simples (ventana rectangular)

2.7.1.3.1.2 *Métodos de Welch*: Promediado de periodogramas modificados (ventanas diferentes a la rectangular)

- 1) División en varias porciones.
- 2) Uso de ventanas diferentes a la rectangular: Hamming, Hanning, Blackmann, etc.
- 3) Solapamiento (recomendado del 50%)`

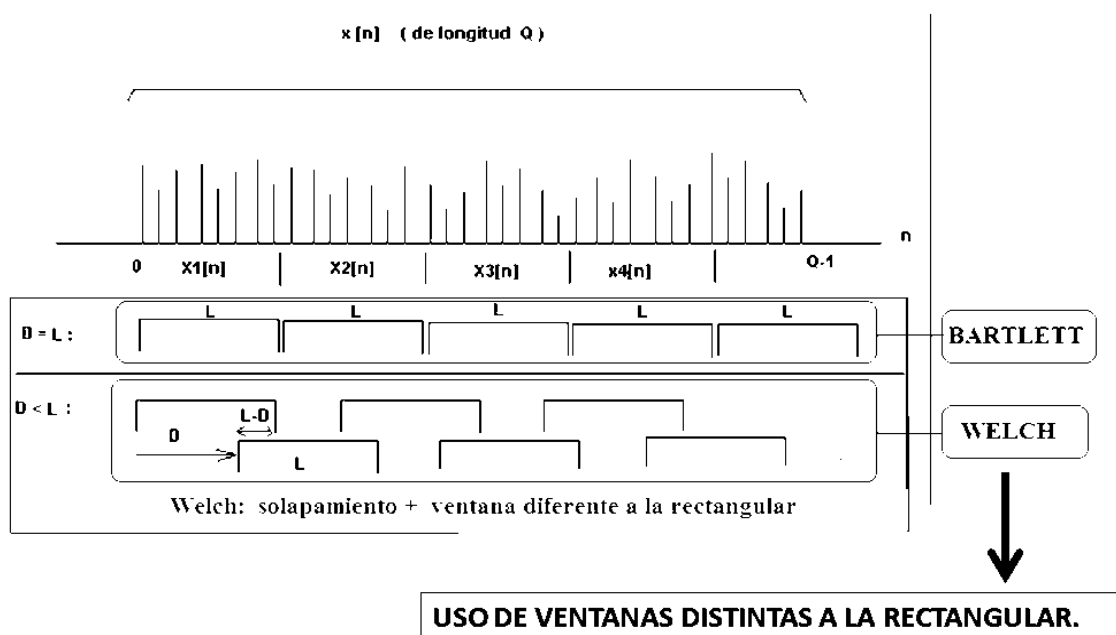


Figura 2-54.- Promediado de periodogramas simples y mejorados

WELCH: TRASLAPE + OTRAS VENTANAS

1. Empleando ventanas alternativas a la rectangular y trasladando para reducir la varianza.

% Método manual:

```
Fs = 1000;
t = 0:1/Fs:1;
xn = sin(2*pi*50*t) + 2*sin(2*pi*120*t) + randn(size(t));

w = hanning(256)';
Pxx = ( abs(fft(w.*xn(1:256))) )^2 + ...
abs(fft(w.*xn(129:384)))^2 + ...
abs(fft(w.*xn(257:512)))^2 + ...
abs(fft(w.*xn(385:640)))^2 + ...
abs(fft(w.*xn(513:768)))^2 + ...
abs(fft(w.*xn(641:896)))^2 ) / (norm(w)^2*6);
plot((0:255)/256*Fs,10*log10(Pxx))
title('ventana de hanning de L = 256; traslape de 128 ( 50%)')
```

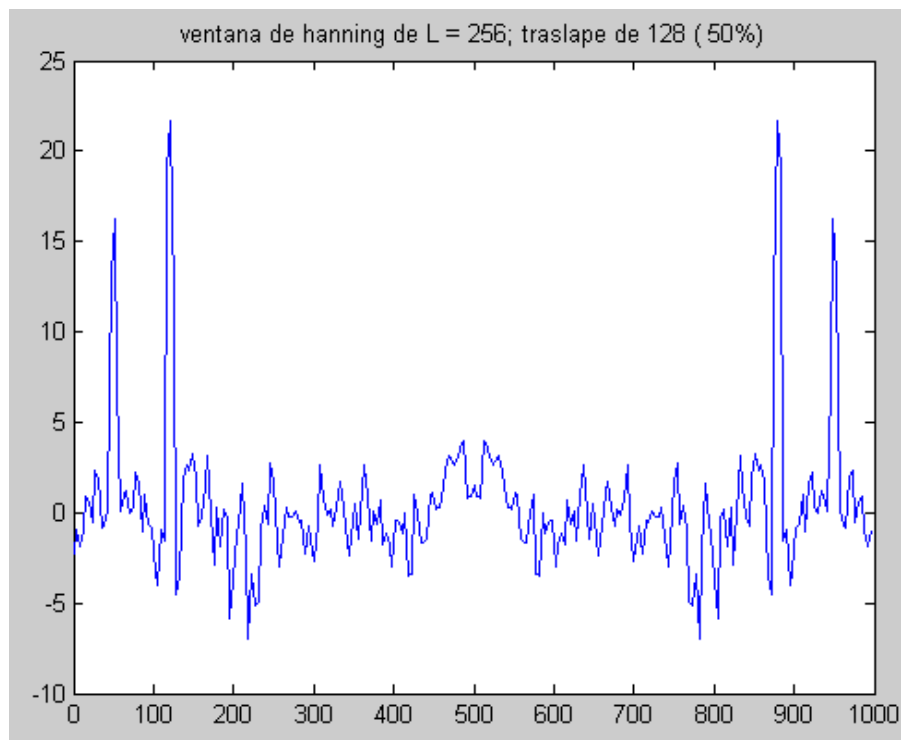


Figura 2-55.- Comparación entre periodograma simple – welch con hamming - welch con blackman harrison 4t


```

clc, close all, clear all;

% SEÑAL ORIGINAL: SUMA DE DOS TONOS CON RUIDO
Fmax = 500; % frecuencia de muestreo
Fs = 2 * Fmax; % frecuencia maxima de la señal
t = 0:1/Fs:1;
xn = sin(2*pi*50*t) + sin(2*pi*120*t) + randn(size(t));
%xn = sin(2*pi*50*t) + 0.001 * sin(2*pi*100*t);

plot(t,xn)
title('señal original: suma de dos tonos con ruido')

%-----

```

No se distingue que sea la suma de dos tonos: todo parece ruido.

Necesitamos un método que permita ver los dos tonos y nada más, es decir, sin posibles picos que hagan creer que son debidos a otros tonos.

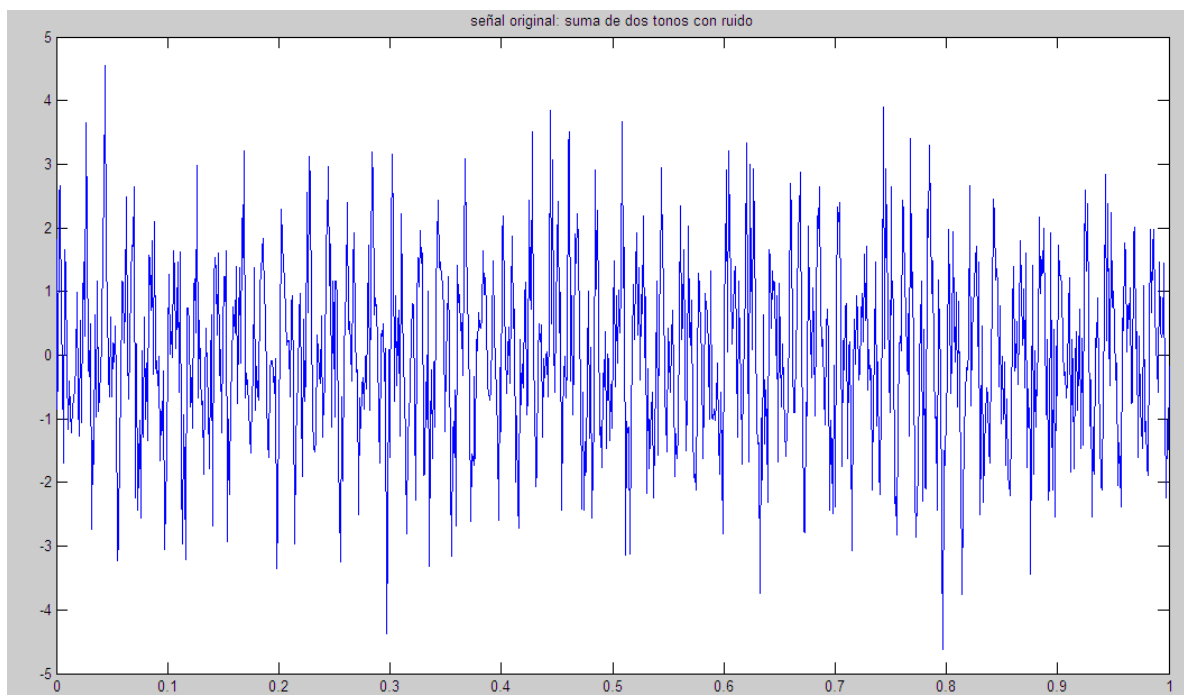


Figura 2-56.- Suma de dos tonos con ruido

```

% Cálculo del espectro de potencia:

% 1. MÉTODO PERIODOGRAMA SIMPLE:

nFFT= 256; % El numero de muestras de la DTFT que
queremos calcular
Y1=fft(xn,nFFT); % La transformada de Fourier: es vector
complejo
P1=Y1.*conj(Y1)/nFFT; % El periodograma es el modulo del
vector complejo

%%Daría igual calcularlo así:
% P2 = abs(fft(xn,nFFT)).^2/nFFT;

% Visualización la mitad del espectro de potencia:
% La otra mitad es simetrica:

f=0:Fmax/(length(P1)/2):Fmax;
% eje de frecuencias: queremos la mitad de lo que devuelve
FFT
% pues nos da el espectro duplicado

```

```

figure
subplot(2,1,1)
plot(f,P1(1:length(f)));
xlabel('Hz')
ylabel('P1( f )')
title('PERIODOGRAMA SIMPLE: lineal')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(abs(P1(1:length(f)))),'k');
xlabel('Hz')
ylabel('P1( f )')
title('PERIODOGRAMA SIMPLE: dB')

% -----

```

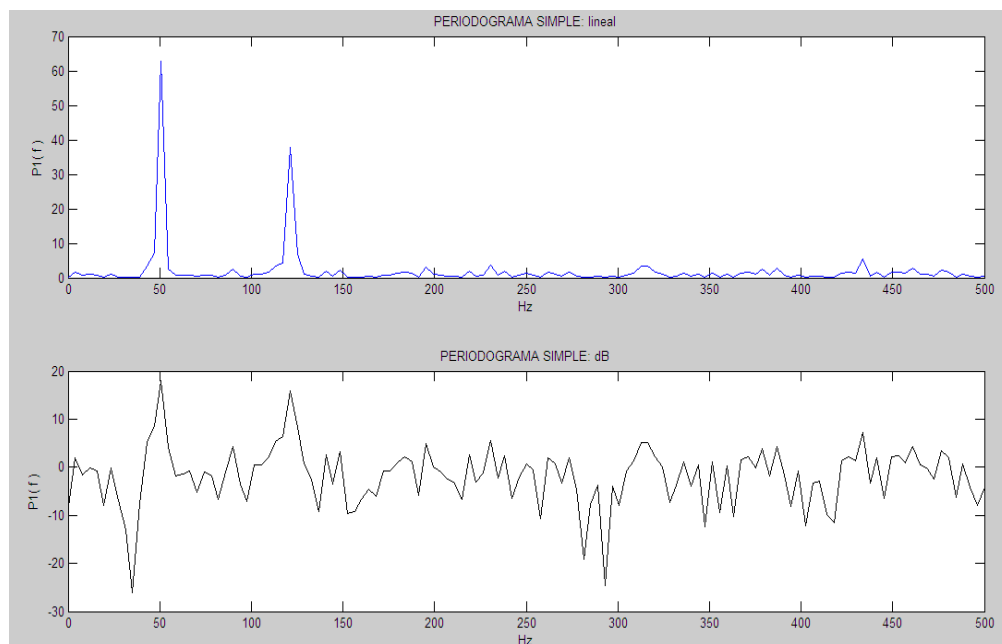


Figura 2-57.- Periodograma de la suma de dos tonos con ruido

El periodograma simple es un método demasiado “ruidoso” pues se verían falsas componentes de frecuencia o tonos inexistentes.

```
% Cálculo del espectro de potencia:
```

```
% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE hamming:
```

```
nfft = 256; % length of FFT por defecto en la instrucción pwelch
window = hanning(256);
noverlap = fix(length(window) / 2); % numero de muestras de
traslape
```

```
%[Pxx,f] = pwelch(xn,window,noverlap,nfft,Fs);
[Pxx1,f] = pwelch(xn,window,[],nfft,Fs);
```

```
figure
subplot(2,1,1)
plot(f,Pxx1(1:length(f)));
xlabel('Hz')
ylabel('Pxx(f)')
title('WELCH CON HAMMING: LINEAL')
```

```
subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx1(1:length(f))),'k');
xlabel('Hz')
ylabel('Pxx(f)')
title('WELCH CON HAMMING: dB')
```

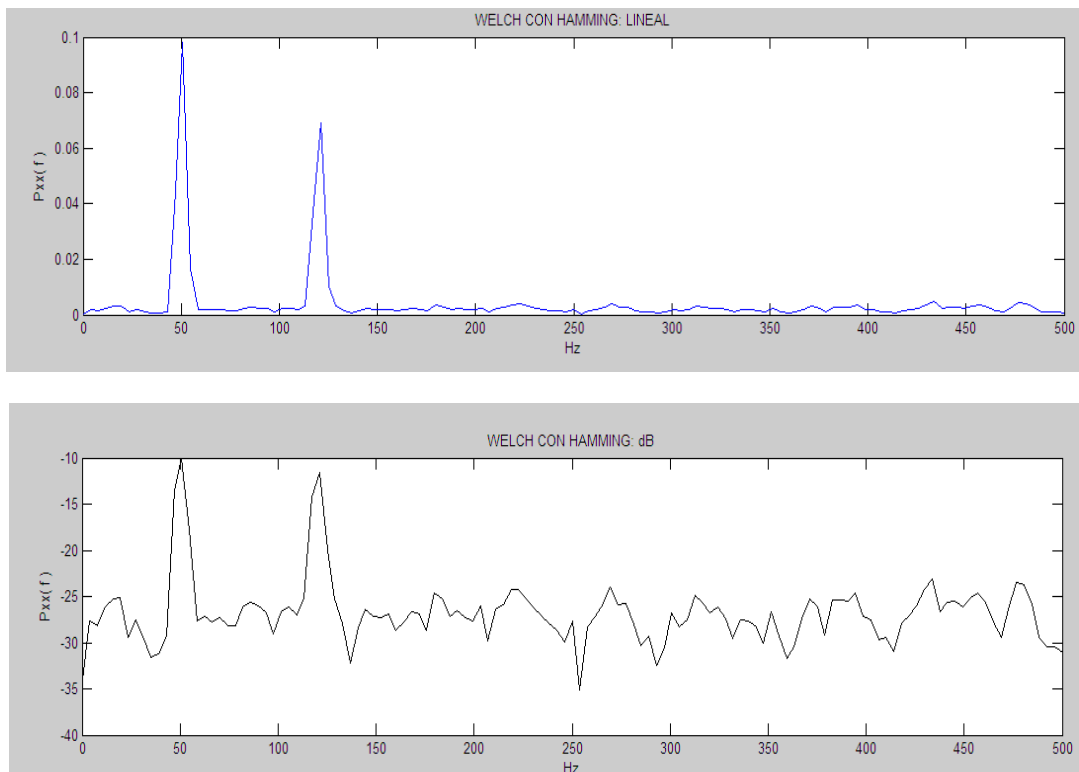


Figura 2-58.- Periodograma de la suma de dos tonos con ruido

% comparacion entre el periodograma simple y welch:

```
figure
plot(f,10*log10(abs(P1(1:length(f)))),'k');
xlabel('Hz')
ylabel('P1 ( f )')
title('PERIODOGRAMA SIMPLE: dB')

hold on
plot(f,10*log10(Pxx1))
title('COMPARACIÓN ENTRE PERIODOGRAMA SIMPLE Y
WELCH CON VENTANA hamming ')
legend('periodograma simple','welch - hamming')
grid on
```

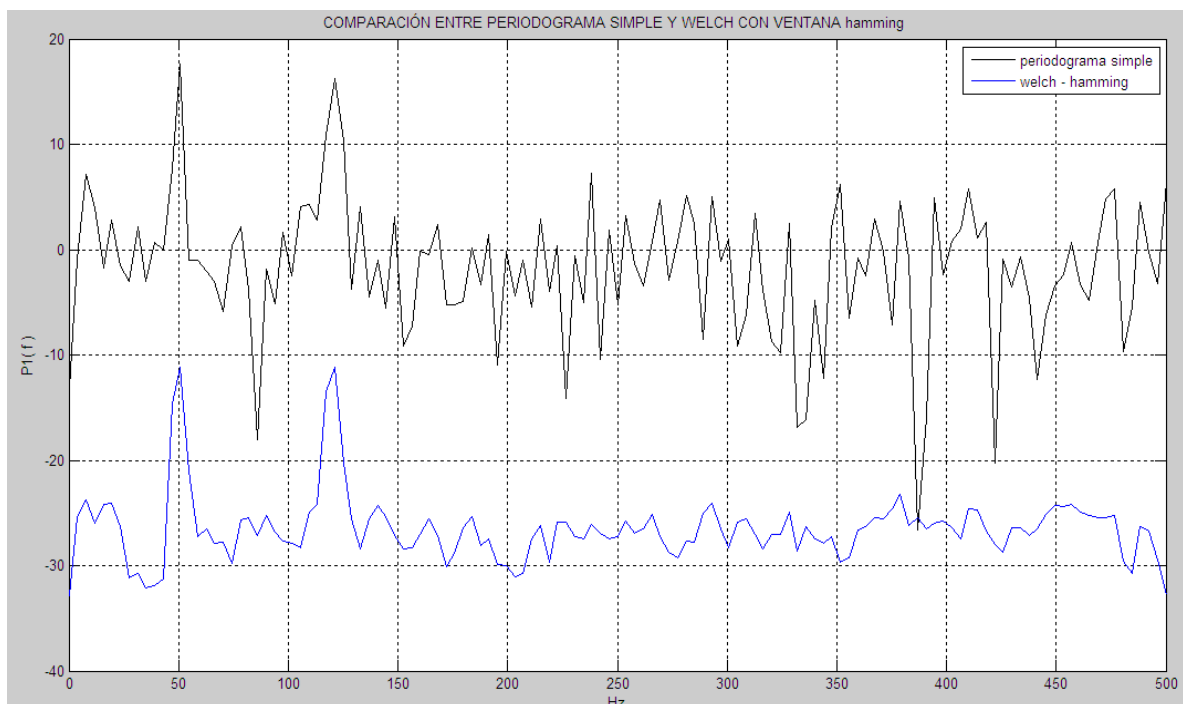


Figura 2-59.- Comparación entre periodograma simple y Welch con ventana Hanning

Ya se ve la ventaja de Welch sobre el Periodograma simple:

Es menos “ruidoso”

```
% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON (4t):

ventana= winbkh4(length(xn)/8);
noverlap = fix(length(ventana))/2 % numero de muestras de traslape que debe ser entero
nfft = 256; % length of FFT

[Pxx2,f] = pwelch(xn,ventana,noverlap,nfft,Fs);

%-----

% comparacion entre el periodograma simple - welch con hamming - welch con blackman harrison 4T:

figure

subplot(3,1,1)
plot(f,10*log10(abs(P1(1:length(f)))),'k');
ylabel('P1( f )')
title('PERIODOGRAMA SIMPLE: dB')
```

```
subplot(3,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx1))
ylabel('P2( f )')
```

```
title('usando la función pwelch CON VENTANA hamming ')
```

```
subplot(3,1,3)
plot(f,10*log10(Pxx2))
ylabel('P3( f )')
```

```
title('usando la función pwelch CON VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON (4t) ')
```

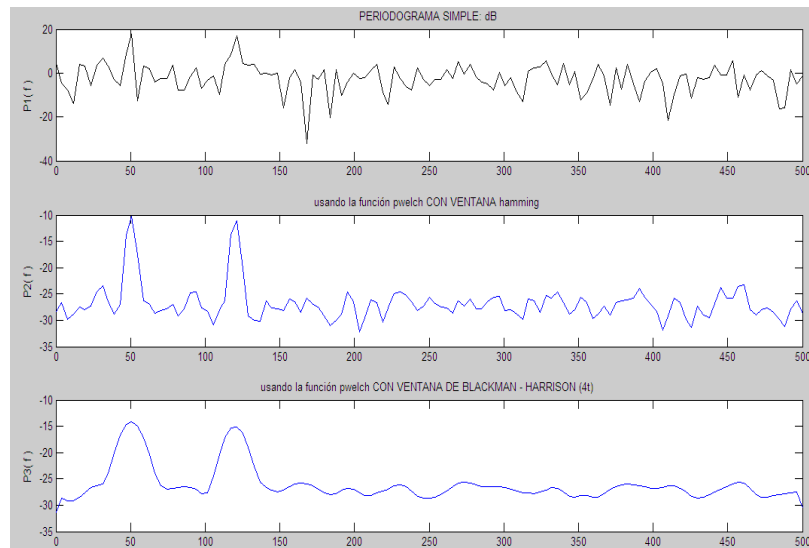


Figura 2-60.- Comparación entre periodograma simple, Welch con ventana hanning, Blackman+Harrison

```
% comparacion entre el periodograma simple - welch con hamming - welch con blackman harrison
4T:
```

```
% pero todo sobrepuesto
```

```
figure
```

```
plot(f,10*log10(abs(P1(1:length(f))))),'k');
xlabel('Hz')
ylabel('P1(f)')
title('PERIODOGRAMA SIMPLE: dB')
```

```
hold on
plot(f,10*log10(Pxx1),'b')
title('usando la función pwelch CON VENTANA hamming')
```

```
hold on
plot(f,10*log10(Pxx2),'r:')
title('usando la función pwelch CON VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON (4t) ')
```

```
legend('periodograma simple','welch - hamming','welch-BH4T')
grid on
```

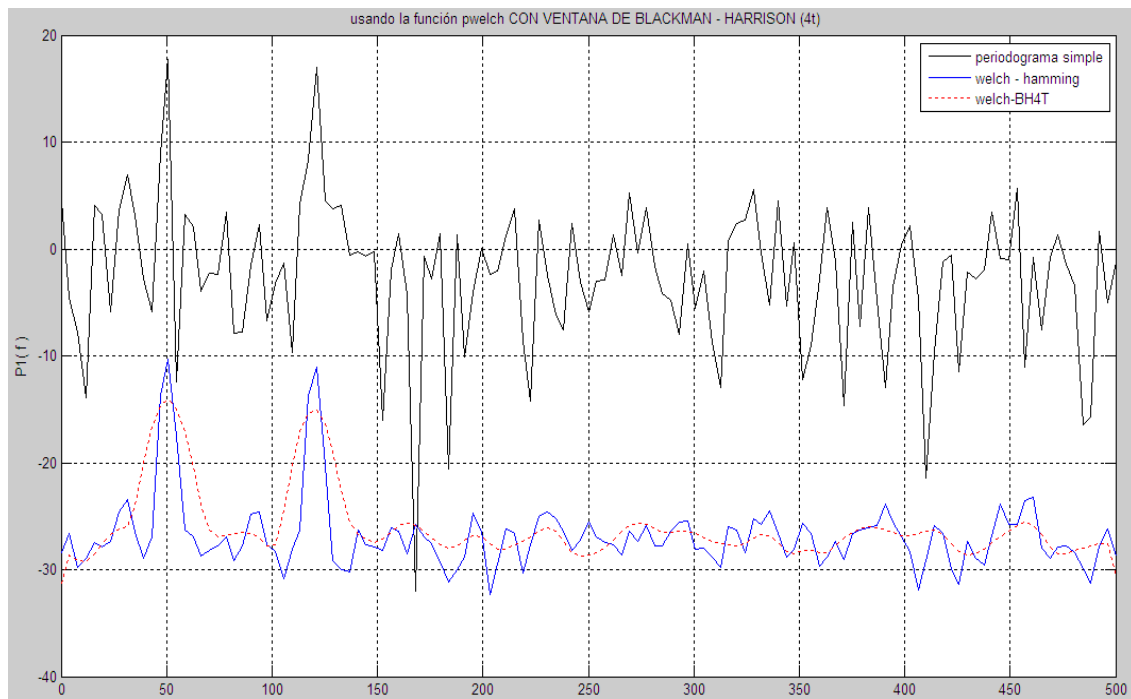


Figura 2-61.- Superposición del periodograma Simple, Welch + hanning y Welch + balckman harrison

Se ve la ventaja de welch con balckman harrison 4t sobre el periodograma simple y welch con hamming: es menos “ruidoso”

2.8 SISTEMA DE ALIMENTACION

El sistema de alimentación está constituido por una fuente de computador y un circuito de filtrado de señal para reducir el rizado.

A pesar de que este tipo de fuentes de poder entrega a sus terminales un voltaje DC regulado, con niveles de rizado relativamente bajos. Los voltajes positivos y negativos no están correctamente balanceados.

Un potenciómetro RV1 de precisión de 1k se utiliza para sintonizar a C1 y C2 de modo que el voltaje a sus terminales sean iguales, este método nos permite tener una tierra virtual equilibrada y reducir el error de offset en las lecturas.

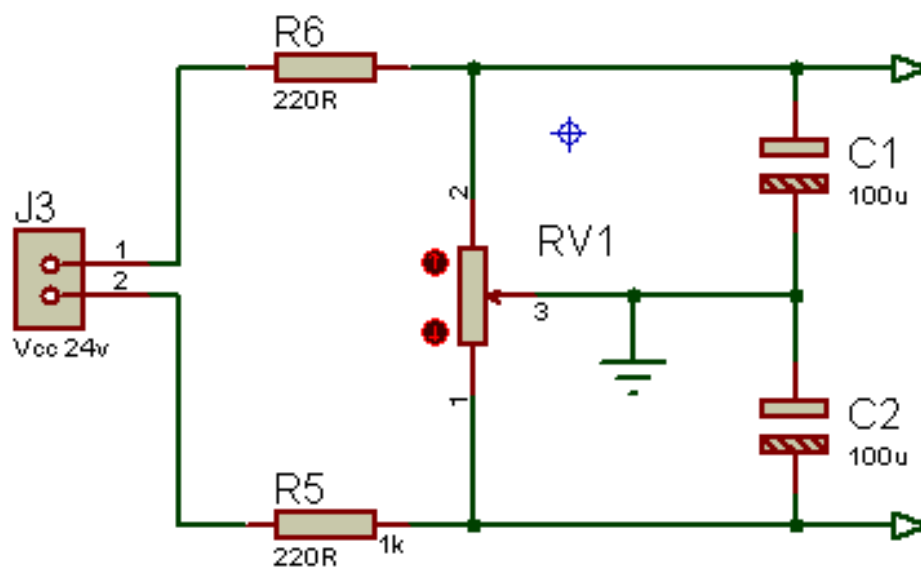


Figura 2-62.- Alimentación general del amplificador posee filtros RC a la entrada con capacitores

CAPITULO 3

DISEÑO EXPERIMENTAL

En este capítulo se trata de resolver las siguientes interrogantes planteadas al inicio de este documento:

- Qué tipo de vegetales son los mejores que permitan monitorizar de mejor manera: tal vez los de hoja ancha, los de tallo verde, etc. No quedará más que hacer una amplia gama de experimentación hasta ver algún cambio en uno de ellos y seleccionarlo para nuestros experimentos.
- Qué tipo de estímulos son los más apropiados para poder captar la presencia de alguna onda especial o componente de frecuencia? se puede emplear como estímulos la presencia o ausencia de luz, la presencia de estímulos de relajación como música clásica o la presencia de estímulos de estrés como música ruidosa o la presencia de fuego cercano a las hojas de la planta, etc.

A continuación se detalla cómo se fue resolviendo cada una de dichas interrogantes:

3.1 UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS EN LA PLANTA

Para seleccionar el área de toma de datos adecuado se consideró los puntos donde mejor respuesta de la señal se obtuvo. Los electrodos fueron ubicados, en los siguientes puntos, denominado L(electrodo positivo), H (electrodo negativo) y G(común).

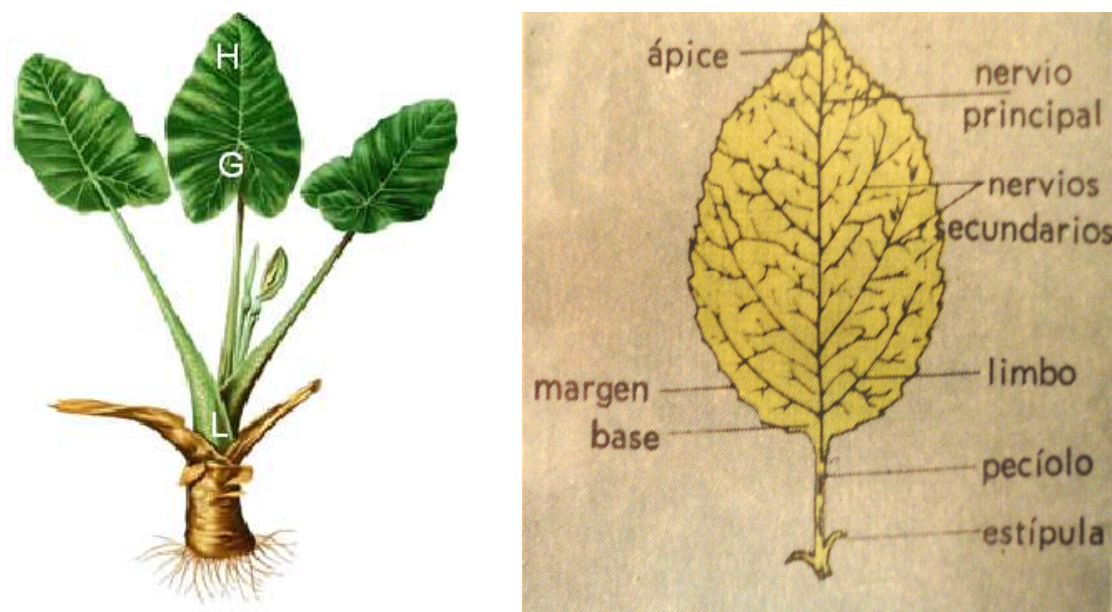


Figura 3-1.- Ubicación de los electrodos en la corteza de la hoja y en el tallo.

3.2 SELECCIÓN DE PLANTA PARA TOMA DE DATOS.

Se ha optado por las siguientes plantas: Millonaria, Chiflera, Dulcamara, Maicito ornamental ya que fueron las que mejor respuesta tuvieron frente a los estímulos por tener hojas grandes, además el área de contacto es muy importante, por lo que los electrodos se adhieren de mejor forma en estas hojas grandes y tallos medianos. Se enfatiza que los datos se tomaron por varias horas o días por lo que las hojas grandes tienden a secarse al contacto con el gel conductor, pero con menos grado que las hojas pequeñas y/o delgadas, estas características se describen en el siguiente cuadro de plantas utilizadas en el proyecto.

Las plantas utilizadas se encuentran descritas en el Anexo 6.

3.3 ESTÍMULOS EMPLEADOS

Al momento de almacenar los archivos, se toman varios de estos con la finalidad de confirmar repetitividad.

3.3.1 DATOS TOMADOS CON ESTIMULOS ALTERNADOS.

El único resultado evidente, que permite diferenciar los dos eventos en frecuencia es la presencia y ausencia de tacto, los otros estímulos no presentaron diferencias por lo que se cita uno de ellos y resaltando que entre la presencia y ausencia de luz hay diferencias de voltaje pero regresando a su estabilidad en pocos segundos.

- ***Presencia, ausencia de luz.***
 - Se coloca una planta en un cuarto cerrado de 5x2,5 m, cuya única fuente de luz es un reflector de 500watt, y a una altura de la planta de 1,6 m. la temperatura es de 20 ° C \pm 20% de variabilidad.
 - Se coloca los electrodos en los puntos L, H, y G de la planta cada uno con gel conductor y adhesivos.
 - Se enciende el galvanómetro: se elige SW2 en lineal, SW1 en la escala de 5 μ V-nA, RV11 ayuda encerrar.
 - La señal de salida amplificada en mV del galvanómetro ingresa al amplificador.
 - La señal del amplificador es transportada a la tarjeta de adquisición y esta envía los datos a la computadora.
 - En Labview se ejecuta el programa observando las señales en tiempo y frecuencia, igualmente se almacena el archivo .txt.
 - Luego se quita la iluminación paulatinamente, se espera unos segundos hasta que vuelva a la normalidad y se toma el segundo dato sin iluminación, este proceso se repite para los 16 archivos .txt. La prueba se inicio a las 6:00 y finalizó a las 6:25 Am.
 - Se analiza los datos observados en el dominio del tiempo y frecuencia permitiendo establecer si existe una diferencia de voltaje o una diferencia en unidades de las variables, para clasificar los dos eventos.

Video: [M4H00589.wmv](#)

- ***Presencia, ausencia de tacto en una hoja.***
 - Se coloca una planta en un cuarto cerrado de 5x2,5 m, cuya única fuente de luz es la natural esta no ingresa directamente al cuarto debido a que la ventana da al conducto central del edificio, la temperatura es de 20 ° C \pm 20% de variabilidad.
 - Se coloca los electrodos en los puntos L, H, y G de la planta cada uno con gel conductor y adhesivos.
 - Se enciende el galvanómetro: se elige SW2 en lineal, SW1 en la escala de 5 μ V-nA, RV11 ayuda encerrar.
 - La señal de salida amplificada en mV del galvanómetro ingresa al amplificador.
 - La señal del amplificador es transportada a la tarjeta de adquisición y esta envía los datos a la computadora.
 - En Labview se ejecuta el programa observando las señales en tiempo y frecuencia, igualmente se almacena el archivo .txt.
 - La primera toma de datos se inicia sin tacto, luego se espera unos segundos hasta que vuelva a la normalidad y se toma el segundo dato con tacto, este proceso se repite hasta completar los 16 archivos .txt. La hora en que se tomo las pruebas fue de 6:38 a 7:07 Am Los resultados obtenidos a distintas horas fueron los mismos, encontrando diferencias de unidades en 60 Hz.
 - Según los datos observados en dominio del tiempo y frecuencia permitiendo establecer si existe una diferencia de voltaje o una diferencia en decibelios de las variables, para clasificar los dos eventos.

VIDEO: [M4H00567.wmv](#)

3.3.2 DATOS TOMADOS CON ESTIMULOS CONTINUOS.

Es primordial recalcar que los resultados obtenidos, surgieron luego de verter agua en la raíz es por esta razón que uno de los estímulos como es la ausencia de luz esta luego de esta acción.

- **Ambiente basal.**

- El evento de referencia o basal, tiene como ambiente un cuarto cerrado de 5x2,5 m, dos focos de 100 Watt separados dos metros entre ellos, y a una altura de la planta de 1,6 m. la temperatura es de 20 ° C \pm 20% de variabilidad.
- Se coloca los electrodos en los puntos L, H, y G de la planta cada uno con gel conductor y adhesivos.
- Se enciende el galvanómetro: se elige SW2 en lineal, SW1 en la escala de 5 μ V-nA, RV11 ayuda encerrar.
- La señal de salida amplificada en mV del galvanómetro ingresa al amplificador.
- La señal del amplificador es transportada a la tarjeta de adquisición y esta envía los datos a la computadora.
- Debido a que a diferentes horas del día se tiene una variación de voltaje entre 0.2 y 0.6 V ya amplificados, en ambiente basal.
- Se procedió a dar un orden aleatorio a los estímulos para luego comparar el estado basal, con los estados estimulados. Así se almacenan 8 archivos .txt en estado basal. La prueba se inicio a las 12:34 y finalizó a las 12:41 Pm.

VIDEO: [M4H00577.wmv](#)

- ***Agua fría en una en hoja versus Ambiente basal.***

- Se coloca una planta en un cuarto cerrado de 5x2,5 m, cuya única fuente de luz son dos focos de 100W separados 2 m entre ellos, y a una altura de la planta de 1,6 m. la temperatura es de 20 ° C \pm 20% de variabilidad.
- Se coloca los electrodos en los puntos L, H, y G de la planta cada uno con gel conductor y adhesivos.
- Se enciende el galvanómetro: se elige SW2 en lineal, SW1 en la escala de 5 μ V-nA, RV11 ayuda encerrar.
- La señal de salida amplificada en mV del galvanómetro ingresa al amplificador.
- La señal del amplificador es transportada a la tarjeta de adquisición y esta envía los datos a la computadora.
- En Labview se ejecuta el programa observando las señales en tiempo y frecuencia, igualmente se almacena el archivo .txt.
- Se coloca agua y hielo en un vaso de plástico, para luego introducir parte de la hoja en el vaso, se percata que solo el agua este en contacto con la hoja, mas no el vaso.
Se espera unos segundos hasta que se estabilice las variaciones que puedan haber por el contacto con la mano o algún movimiento brusco para con la planta, seguidamente se almacenan los 8 archivos .txt. La prueba se inicio a las 13:07 y finalizó a las 13:14 Pm.
- Se comparan los archivos: ambiente basal con los de agua fría observándolos en el dominio del tiempo y frecuencia permitiendo establecer si existe una diferencia de voltaje o una diferencia en unidades de las variables, para clasificar los dos eventos.

VIDEO: [M4H00588.wmv](#)

- ***Agua caliente en una hoja versus Ambiente basal.***

- Se coloca una planta en un cuarto cerrado de 5x2,5 m, cuya única fuente de luz son dos focos de 100W separados 2 m entre ellos, y a una altura de la planta de 1,6 m. la temperatura es de 20 ° C \pm 20% de variabilidad.
- Se coloca los electrodos en los puntos L, H, y G de la planta cada uno con gel conductor y adhesivos.
- Se enciende el galvanómetro: se elige SW2 en lineal, SW1 en la escala de 5 μ V-nA, RV11 ayuda encerar.
- La señal de salida amplificada en mV del galvanómetro ingresa al amplificador.
- La señal del amplificador es transportada a la tarjeta de adquisición y esta envía los datos a la computadora.
- En Labview se ejecuta el programa observando las señales en tiempo y frecuencia, igualmente se almacena el archivo .txt.
- Se coloca agua recién hervida en un vaso de plástico, para luego introducir parte de la hoja en el vaso, tomando las consideraciones anteriores se espera unos segundos hasta que se estabilice.
Seguidamente se almacenan los 8 archivos .txt.
La prueba se inicio a las 13:56 y finalizó a las 14:01 Pm.
- Se comparan los archivos: ambiente basal con agua caliente observándolos en el dominio del tiempo y frecuencia.

Permitiendo establecer si existe una diferencia de voltaje o una diferencia en unidades de las variables, para clasificar los dos eventos.

VIDEO: [M4H00592.wmv](#)

- ***Agua vertida en raíz versus Ambiente basal.***
 - Se coloca una planta en un cuarto cerrado de 5x2,5 m, cuya única fuente de luz son dos focos de 100W separados 2 m entre ellos, y a una altura de la planta de 1,6 m. la temperatura es de 20 ° C ±20% de variabilidad.
 - Se coloca los electrodos en los puntos L, H, y G de la planta cada uno con gel conductor y adhesivos.
 - Se enciende el galvanómetro: se elige SW2 en lineal, SW1 en la escala de 5 μ V-nA, RV11 nos ayuda encerrar.
 - La señal de salida amplificada en mV del galvanómetro ingresa al amplificador.
 - La señal del amplificador es transportada a la tarjeta de adquisición y esta envía los datos a la computadora.
 - En Labview se ejecuta el programa observando las señales en tiempo y frecuencia, igualmente se almacena el archivo .txt.
 - Se verte agua en la maceta de la planta, se espera cinco minutos antes de tomar las pruebas. Seguidamente se almacenan 8 archivos .txt. La prueba se inicio a las 14:22 y finalizó a las 14:27 Pm.
 - Se comparan los archivos: ambiente basal con agua vertida en raíz observándolos en el dominio del tiempo como en el dominio de frecuencia permitiendo establecer si existe una diferencia de voltaje o una diferencia en unidades de las variables, para clasificar los dos eventos.

VIDEO: [M4H00593.wmv](#)

- ***Música instrumental versus Ambiente basal.***
 - Se coloca una planta en un cuarto cerrado de 5x2,5 m, cuya única fuente de luz son dos focos de 100W separados 2 m entre ellos, y a una altura de la planta de 1,6 m. la temperatura es de 20 ° C \pm 20% de variabilidad.
 - Se coloca los electrodos en los puntos L, H, y G de la planta cada uno con gel conductor y adhesivos.
 - Se enciende el galvanómetro: se elige SW2 en lineal, SW1 en la escala de 5 μ V-nA, RV11 ayuda encerrar.
 - La señal de salida amplificada en mV del galvanómetro ingresa al amplificador.
 - La señal del amplificador es transportada a la tarjeta de adquisición y esta envía los datos a la computadora.
 - En Labview se ejecuta el programa observando las señales en tiempo y frecuencia, igualmente se almacena el archivo .txt.
 - Para esta prueba se colocaron unos parlantes de computadora a 1,3 m de distancia de la planta y al mismo nivel, se eligió la 9na Sinfonía de Beethoven, y se continuo con el almacenamiento de los 8 archivos .txt. La prueba se inicio a las 14:48 y finalizó a las 14:53 Pm.
 - Se comparan los archivos: ambiente basal con música instrumental observándolos en el dominio del tiempo como el dominio de frecuencia permitiendo establecer si existe una diferencia de voltaje o una diferencia en unidades de las variables, para clasificar los dos eventos.

VIDEO: [M4H00597.wmv](#)

- ***Música Rap versus Ambiente basal.***

- Se coloca una planta en un cuarto cerrado de 5x2,5 m, cuya única fuente de luz son dos focos de 100W separados 2 m entre ellos, y a una altura de la planta de 1,6 m. la temperatura es de 20 ° C \pm 20% de variabilidad.
- Se coloca los electrodos en los puntos L, H, y G de la planta cada uno con gel conductor y adhesivos.
- Se enciende el galvanómetro: se elige SW2 en lineal, SW1 en la escala de 5 μ V-nA, RV11 nos ayuda encerrar.
- La señal de salida amplificada en mV del galvanómetro ingresa al amplificador.
- La señal del amplificador es transportada a la tarjeta de adquisición y esta envía los datos a la computadora.
- En Labview se ejecuta el programa observando las señales en tiempo y frecuencia, igualmente se almacena el archivo .txt.
- Se eligió el tema: Only in California, seguidamente almacenamos los 8 archivos .txt. La prueba se inicio a las 15:01 y finalizó a las 15:06 Pm.
- Se comparan los archivos: ambiente basal con música rap observándolos en el dominio del tiempo y frecuencia permitiendo establecer si existe una diferencia de voltaje o una diferencia en unidades de las variables, para clasificar los dos eventos.

VIDEO: [M4H00597.wmv](#)

- ***Música acústica de guitarra versus Ambiente basal.***

- Se coloca una planta en un cuarto cerrado de 5x2,5 m, cuya única fuente de luz son dos focos de 100W separados 2 m entre ellos, y a una altura de la planta de 1,6 m. la temperatura es de 20 ° C \pm 20% de variabilidad.

- Se coloca los electrodos en los puntos L, H, y G de la planta cada uno con gel conductor y adhesivos.
- Se enciende el galvanómetro: se elige SW2 en lineal, SW1 en la escala de 5 μ V-nA, RV11 nos ayuda encerrar.
- La señal de salida amplificada en mV del galvanómetro ingresa al amplificador.
- La señal del amplificador es transportada a la tarjeta de adquisición y esta envía los datos a la computadora.
- En Labview se ejecuta el programa observando las señales en tiempo y frecuencia, igualmente se almacena el archivo .txt.
- Se eligió el tema: Lovely Joan, seguidamente se almacena los 8 archivos .txt. La prueba se inicio a las 15:33 y finalizó a las 15:38 Pm.
- Se comparan los archivos: ambiente basal con acústica de guitarra, observando en el dominio del tiempo y frecuencia permitiéndonos establecer si existe una diferencia de voltaje o una diferencia en unidades de las variables, para clasificar los dos eventos.

VIDEO: [M4H00597.wmv](#)

- ***Música Rock versus Ambiente basal.***

- Se coloca una planta en un cuarto cerrado de 5x2,5 m, cuya única fuente de luz son dos focos de 100W separados 2 m entre ellos, y a una altura de la planta de 1,6 m. la temperatura es de 20 ° C \pm 20% de variabilidad.
- Se coloca los electrodos en los puntos L, H, y G de la planta cada uno con gel conductor y adhesivos.
- Se enciende el galvanómetro: se elige SW2 en lineal, SW1 en la escala de 5 μ V-nA, RV11 nos ayuda encerrar.
- La señal de salida amplificada en mV del galvanómetro ingresa al amplificador.

- La señal del amplificador es transportada a la tarjeta de adquisición y esta envía los datos a la computadora.
- En Labview se ejecuta el programa observando las señales en tiempo y frecuencia, igualmente se almacena el archivo .txt.
- Se eligió el tema: Mana labios compartidos, seguidamente se almacena los 8 archivos .txt. La prueba se inicio a las 15:50 y finalizó a las 15:55 Pm.
- Se comparan los datos: ambiente basal con música rock, observándolos en el dominio del tiempo y frecuencia permitiéndonos establecer si existe una diferencia de voltaje o una diferencia en unidades de las variables, para clasificar los dos eventos.

VIDEO: [M4H00597.wmv](#)

- ***Música Heavy versus Ambiente basal.***

- Se coloca una planta en un cuarto cerrado de 5x2,5 m, cuya única fuente de luz son dos focos de 100W separados 2 m entre ellos, y a una altura de la planta de 1,6 m. la temperatura es de 20 ° C \pm 20% de variabilidad.
- Se enciende el galvanómetro: se elige SW2 en lineal, SW1 en la escala de 5 μ V-nA, RV11 nos ayuda encerrar.
- La señal de salida amplificada en mV del galvanómetro ingresa al amplificador.
- La señal del amplificador es transportada a la tarjeta de adquisición y esta envía los datos a la computadora.
- En Labview se ejecuta el programa observando las señales en tiempo y frecuencia, igualmente se almacena el archivo .txt.
- Se eligió el tema: Al otro lado del silencio, seguidamente almacenamos los 8 archivos .txt. La prueba se inicio a las 16:18 y finalizó a las 16:23 Pm.
- Se comparan los archivos: ambiente basal con música heavy, observándolos en el dominio del tiempo y frecuencia permitiendo

establecer si existe una diferencia de voltaje o una diferencia en unidades de las variables, para clasificar los dos eventos.

VIDEO: [M4H00597.wmv](#)

- ***Ausencia de luz versus Ambiente basal.***
 - Se coloca una planta en un cuarto cerrado de 5x2,5 m, cuya única fuente de luz era de la pantalla del computador, la temperatura es de 20 ° C \pm 20% de variabilidad.
 - Se coloca los electrodos en los puntos L, H, y G de la planta cada uno con gel conductor y adhesivos.
 - Se enciende el galvanómetro: se elige SW2 en lineal, SW1 en la escala de 5 μ V-nA, RV11 nos ayuda encerrar.
 - La señal de salida amplificada en mV del galvanómetro ingresa al amplificador.
 - La señal del amplificador es transportada a la tarjeta de adquisición y esta envía los datos a la computadora.
 - En Labview se ejecuta el programa observando las señales en tiempo y frecuencia, igualmente se almacena el archivo .txt.
 - Para esta prueba se dejaron pasar 29 minutos del último estímulo. Se quita la luminosidad, se espera unos segundos luego se almacena los archivos .txt. La prueba se inicio a las 16:52 y finalizó a las 16:57 Pm.
 - Se comparan los archivos: ambiente basal con ausencia de luz, observándolos en el dominio del tiempo y frecuencia permitiendo establecer si existe una diferencia de voltaje o una diferencia en unidades de las variables, para clasificar los dos eventos.

VIDEO: [M4H00599.wmv](#)

- ***Ausencia de luz acompañada de música instrumental versus Ambiente basal.***
 - Se coloca una planta en un cuarto cerrado de 5x2,5 m, cuya única fuente de luz era de la pantalla del computador, la temperatura es de 20 ° C \pm 20% de variabilidad.
 - Se coloca los electrodos en los puntos L, H, y G de la planta cada uno con gel conductor y adhesivos.
 - Se enciende el galvanómetro: se elige SW2 en lineal, SW1 en la escala de 5 μ V-nA, RV11 nos ayuda encerrar.
 - La señal de salida amplificada en mV del galvanómetro ingresa al amplificador.
 - La señal del amplificador es transportada a la tarjeta de adquisición y esta envía los datos a la computadora.
 - En Labview se ejecuta el programa observando las señales en tiempo y frecuencia, igualmente se almacena el archivo .txt.
 - Con el estímulo anterior se añadió música, eligiendo la 9na Sinfonía De Beethoven. Para luego almacenar 8 archivos .txt. La prueba se inicio a las 17:05 y finalizó a las 17:10 Pm.
 - Se comparan los archivos: ambiente basal con ausencia de luz y música instrumental, observándolos en el dominio del tiempo y frecuencia permitiendo establecer si existe una diferencia de voltaje o una diferencia en unidades de las variables, para clasificar los dos eventos.

VIDEO: [M4H00602.wmv](#)

CAPITULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS

4.1 ESTIMULOS ALTERNADOS.

A) PRESENCIA, AUSENCIA DE LUZ.

RESULTADOS

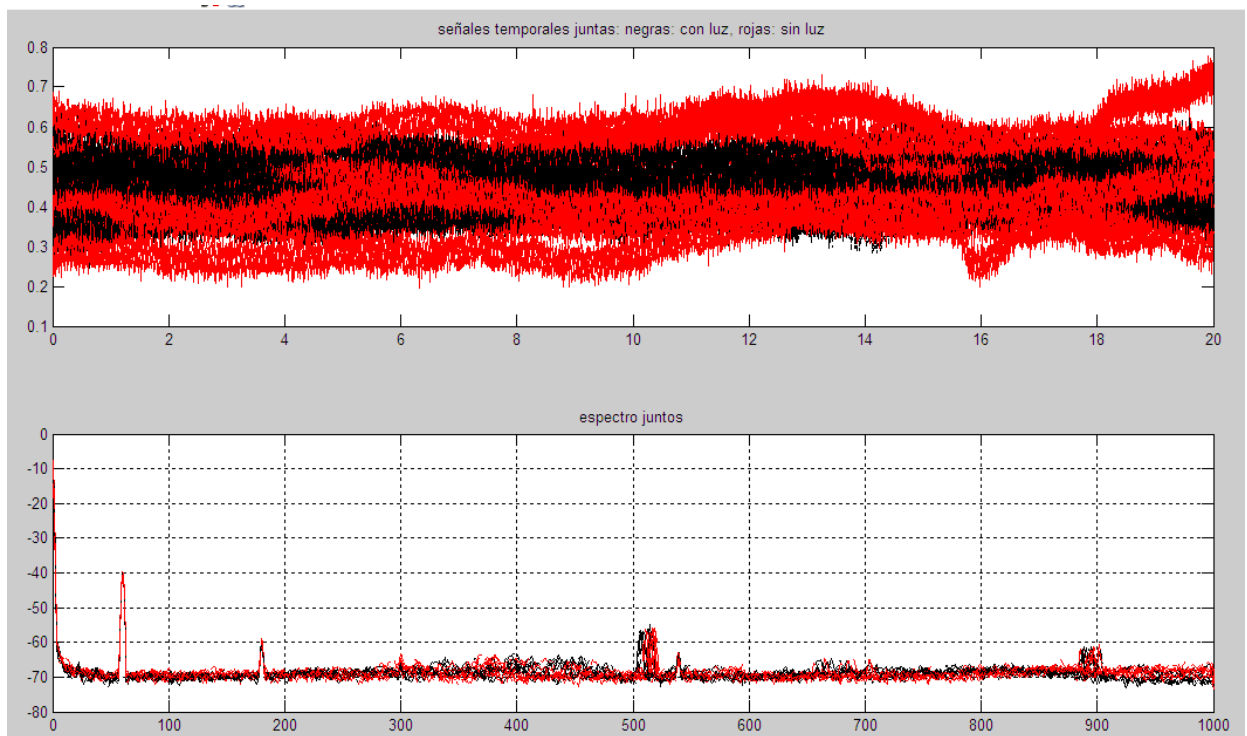
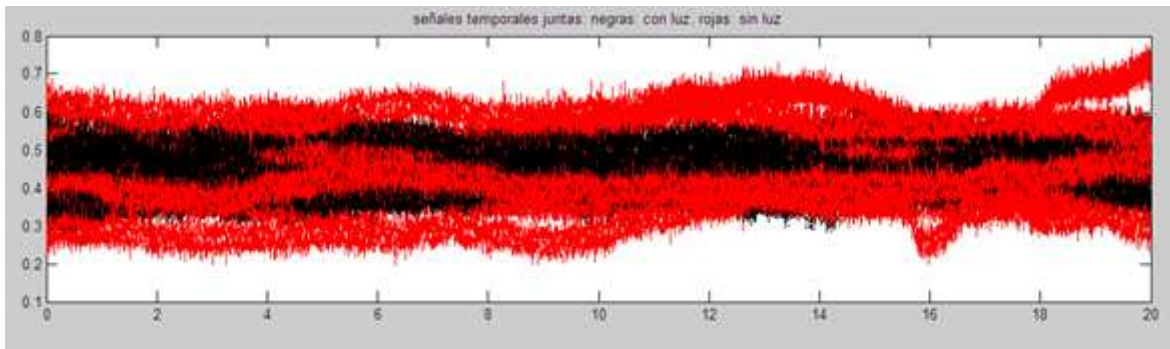
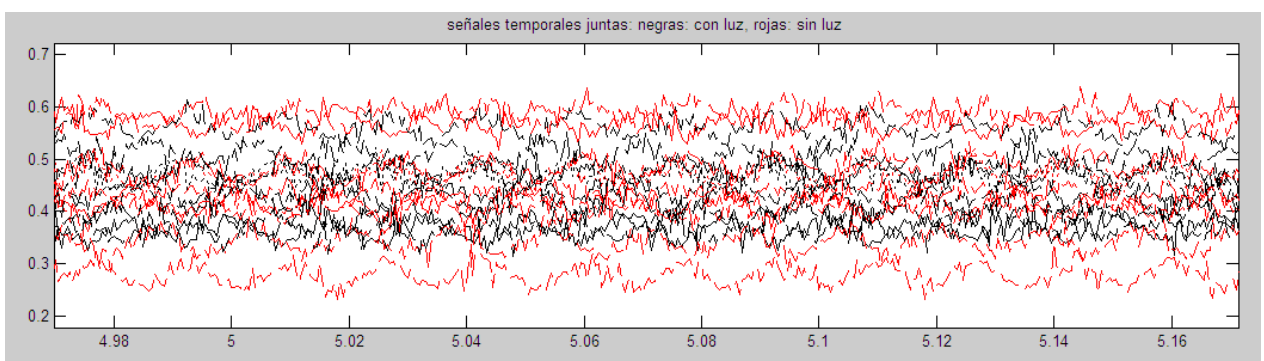


Figura 4-1.- Presencia, ausencia de luz alternadamente.

ANÁLISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO:

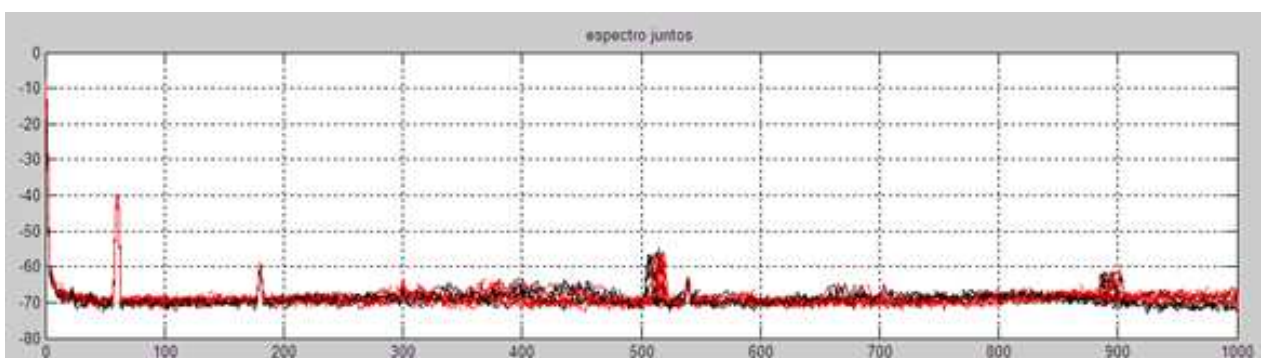


Ampliando en el rango de 4,96 a 5,17 segundos.



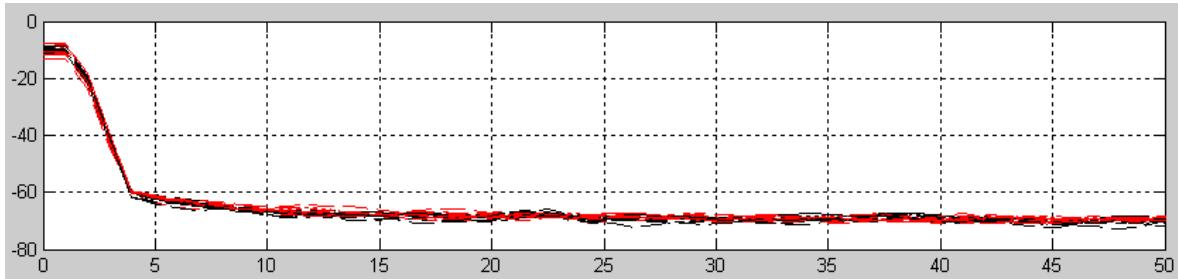
Por simple inspección en las señales en el dominio del tiempo, se pueden observar que hay cambios de voltaje, para las señales con luminosidad “color negro” se observa que guardan un rango de variación que va de 0,35 a 0,6 voltios. Las señales sin luminosidad “color rojo” guardan casi el mismo rango por lo que no se puede poner un umbral que permita la clasificación entre estos dos eventos.

ANÁLISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA:

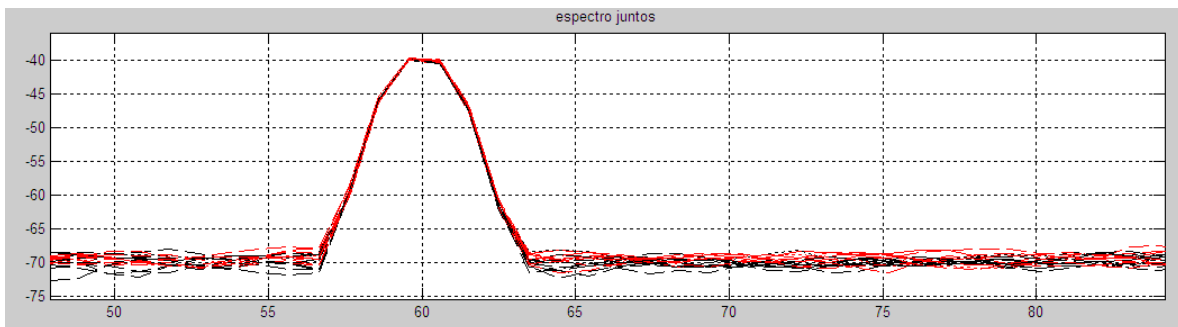


Ampliando en las diferentes zonas.

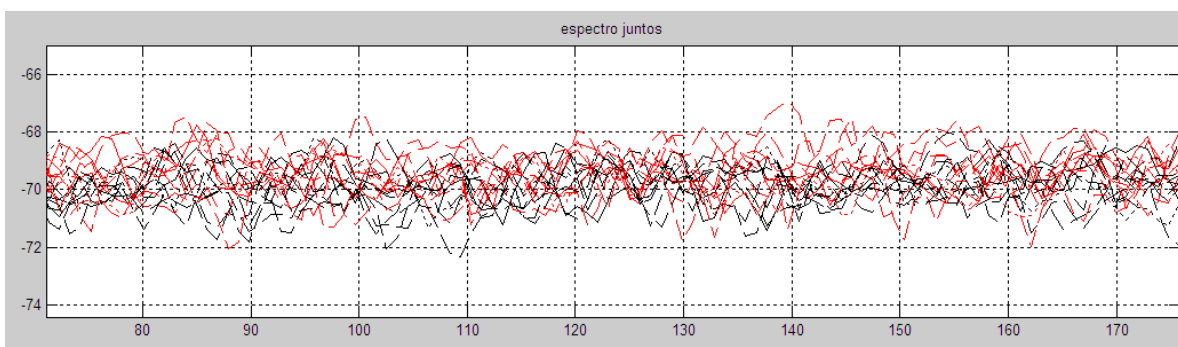
- Zona entre 0 y 50 Hz



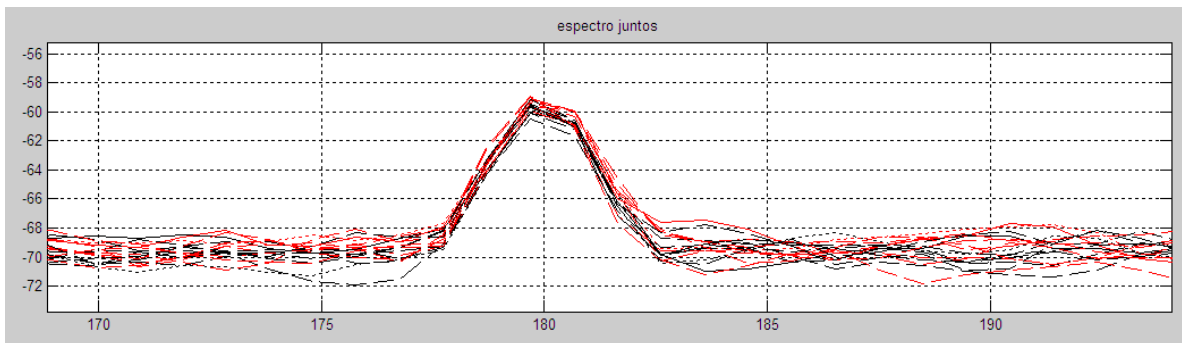
- Zona entre 48 y 84 Hz.



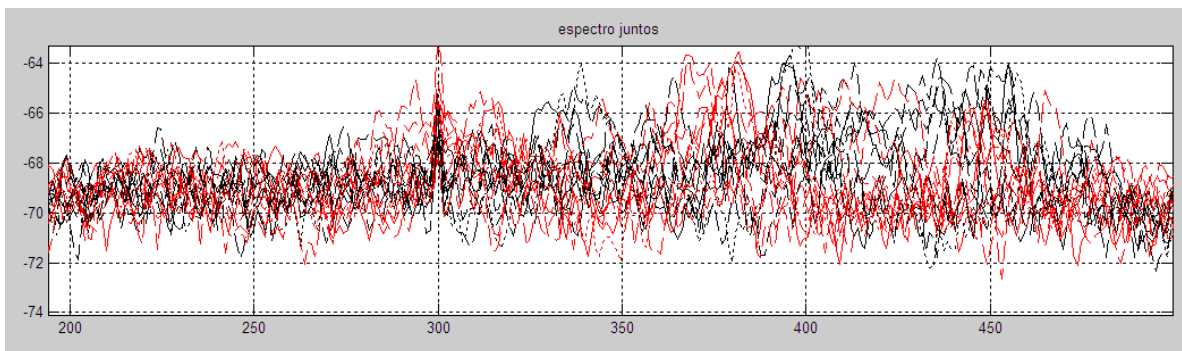
- Zona entre 70 y 175 Hz.



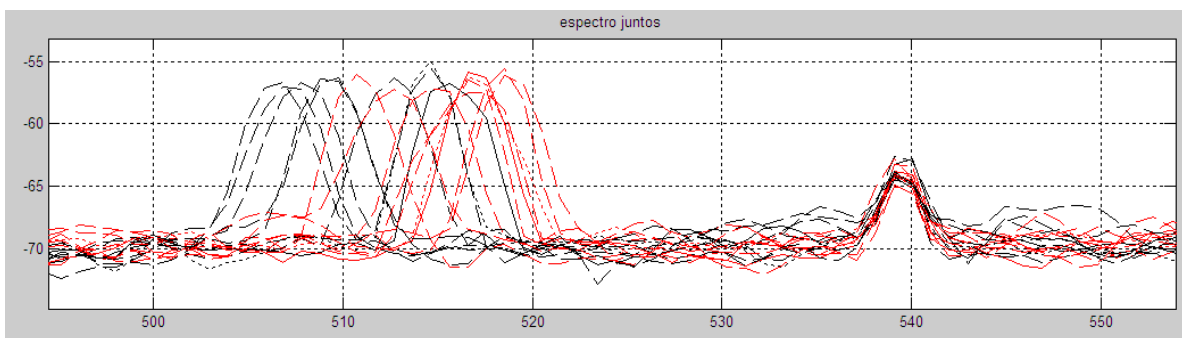
- Zona entre 170 y 194 Hz.



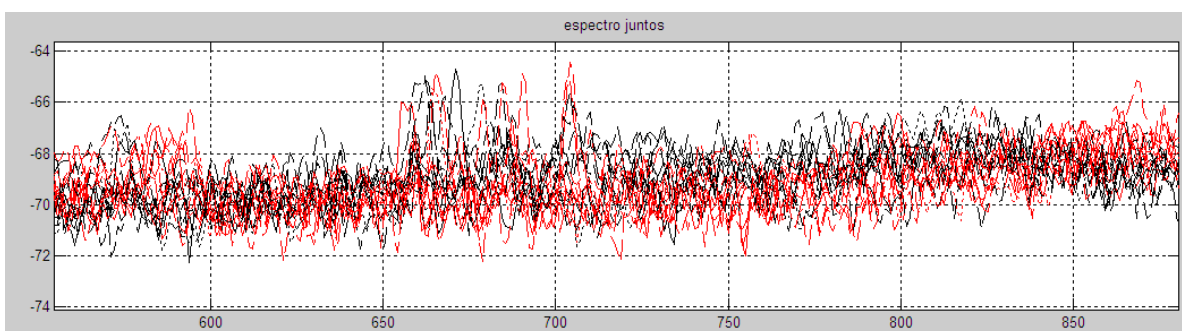
- Zona entre 194 y 500 Hz.



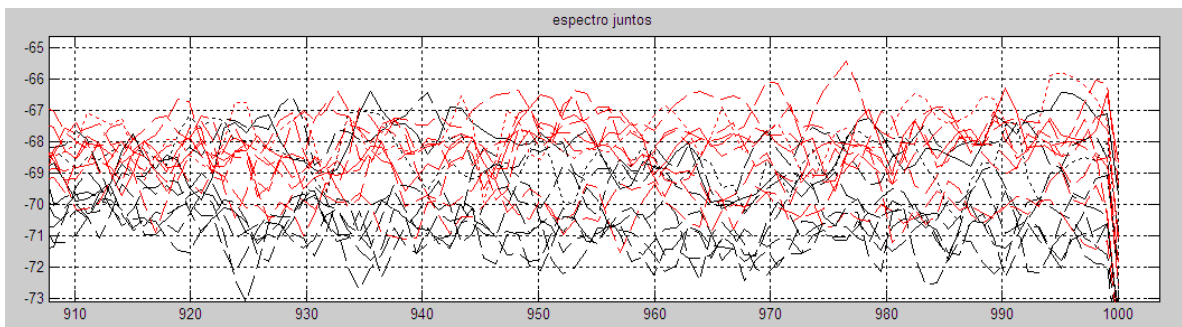
- Zona entre 495 y 553 Hz.



- Zona entre 550 y 875 Hz.



- Zona entre 907 y 1000 Hz.



Con los métodos utilizados, no se han podido encontrar diferencias en ninguna frecuencia por lo que no sirven como variables de clasificación.

B) PRESENCIA, AUSENCIA DE TACTO EN DIFERENTES HOJAS.

RESULTADOS

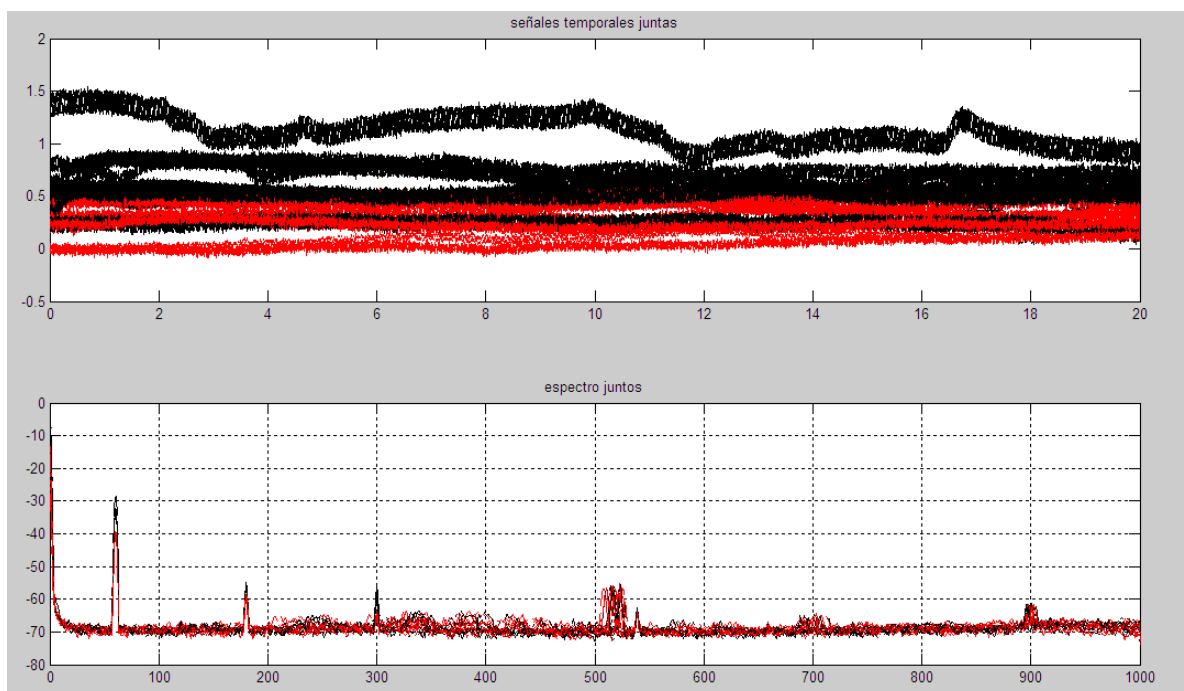
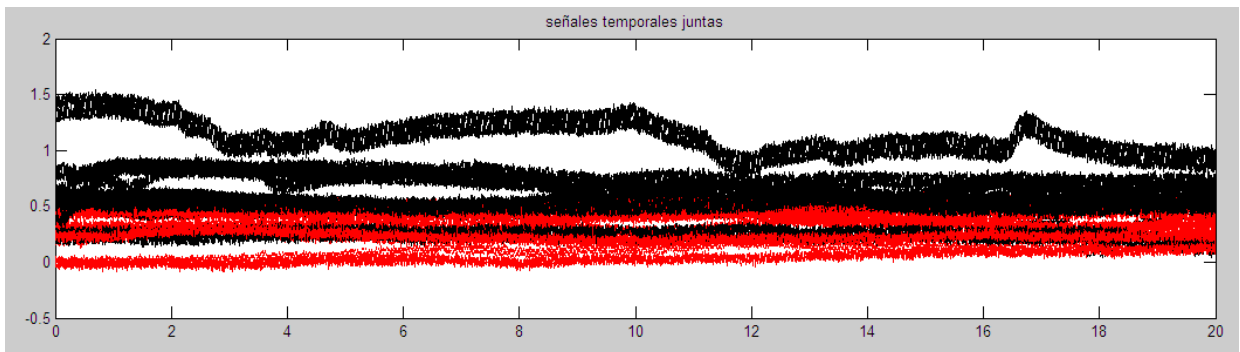
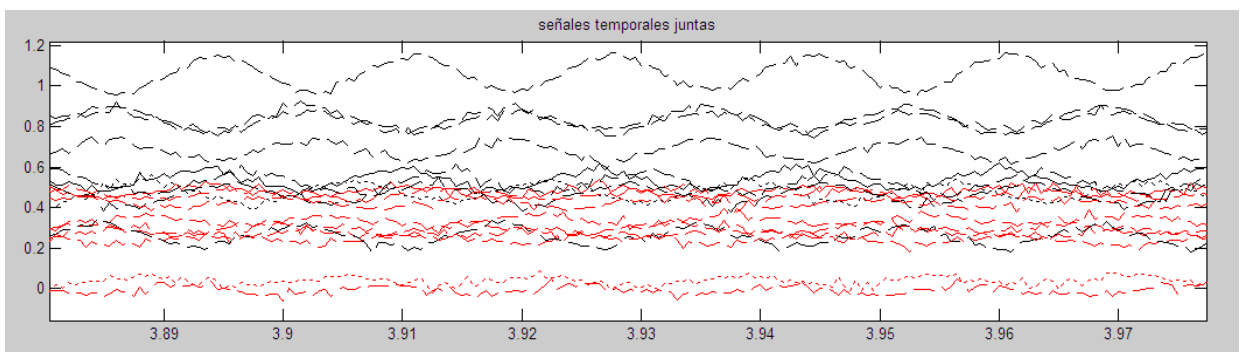


Figura 4-2.- presencia, ausencia de tacto en una hoja alternadamente.

ANÁLISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO:



Ampliando en el rango de 3,88 a 3,98 segundos.

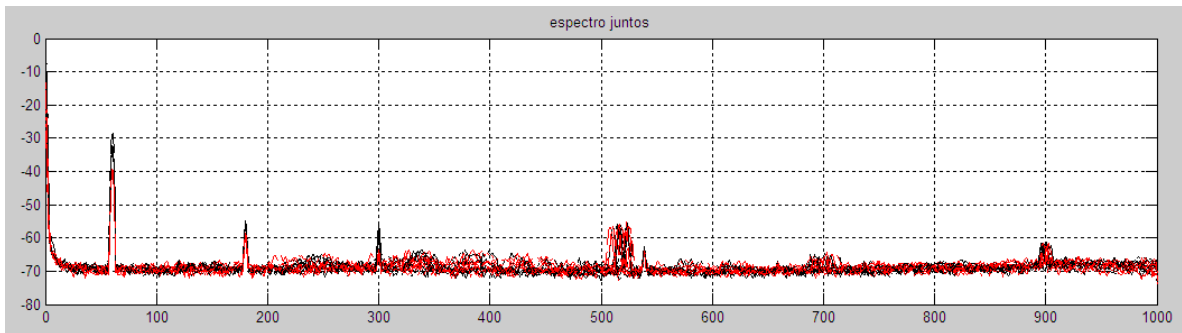


Las señales en negro representan las plantas al ser tocadas y en rojo las señales cuando no se tocan a la planta

De la gráfica anterior podemos concluir que, en tendencia, con estímulo, la componente DC es mayor a la situación sin estímulo. Se observa además que el nivel de DC en comparación a la anterior prueba va disminuyendo, pudiendo afirmar que es por la ausencia de la luminosidad.

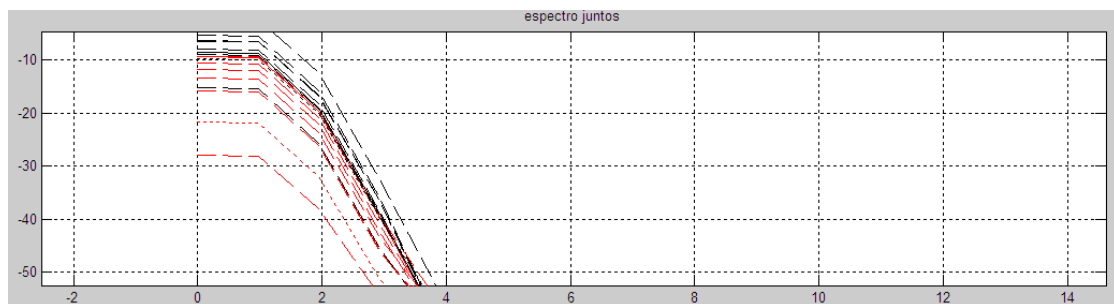
Sin embargo, no podemos poner un umbral que permita la clasificación. Entonces, si bien los niveles de DC sí permiten ver que existe diferencia, estos niveles no son una buena variable para la clasificación pues conduciría a demasiados errores.

ANÁLISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA:



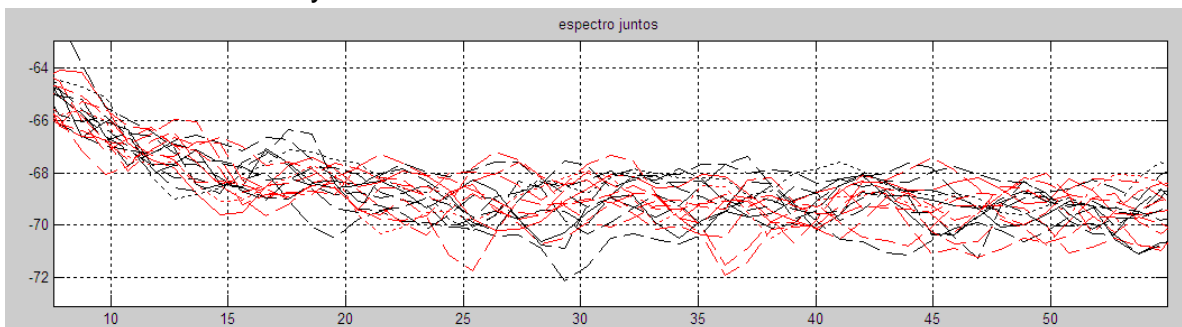
Ampliando en los diferentes zonas.

- Zona entre 0 y 14 Hz.

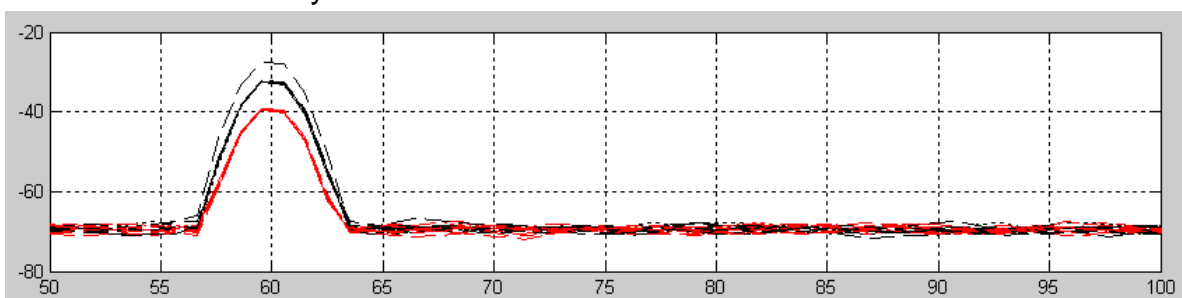


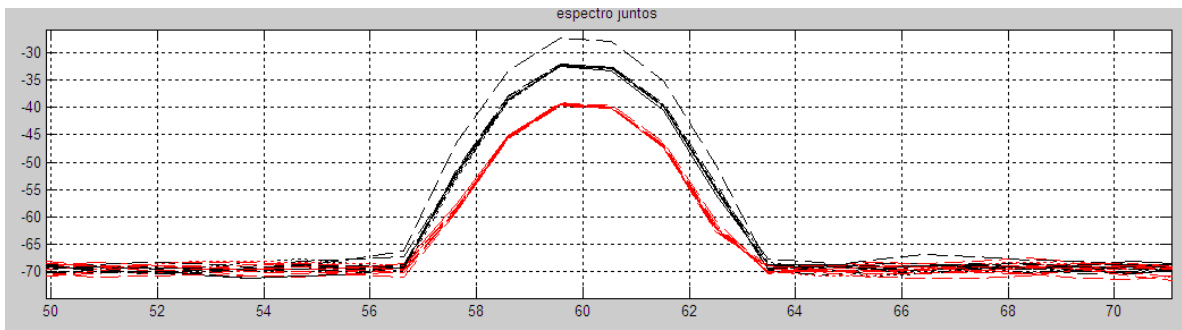
Por lo dicho en el dominio del tiempo, vemos que los niveles de DC muestran alguna diferencia pero no serían una buena variable para clasificar los dos eventos.

- Zona entre 10 y 55 Hz.



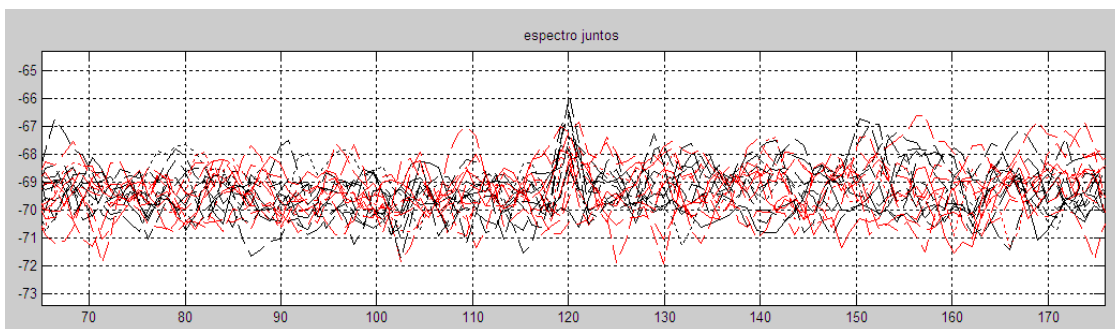
- Zona entre 50 y 100 Hz.



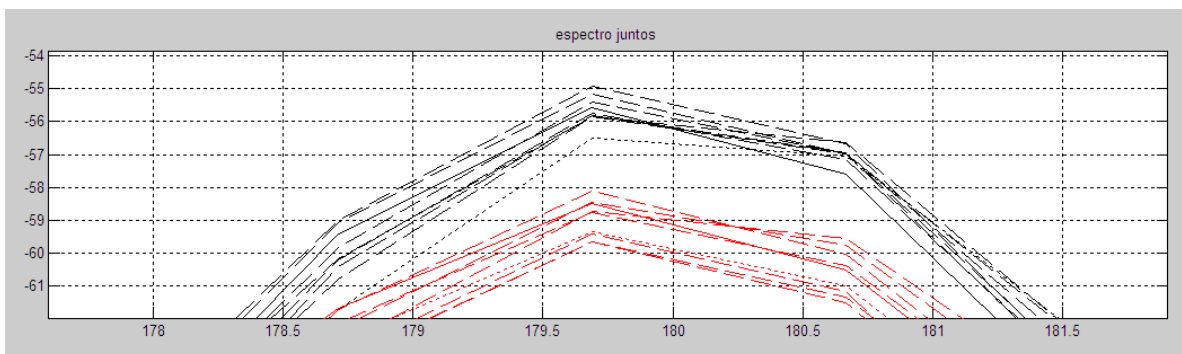
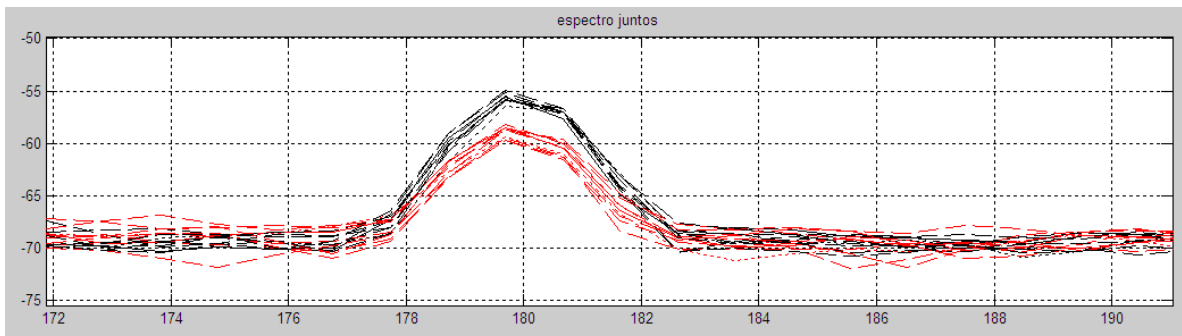


Es una buena variable pues permite clasificar perfectamente las dos situaciones. La diferencia, justo en 60 Hz, sería de $40 - 32.5 = 8.5$. Entonces, perfectamente podríamos poner un umbral ubicado en la mitad, es decir en $32.5 + 4.25 = 36.75$:

- Zona entre 60 Hz y 170 Hz.

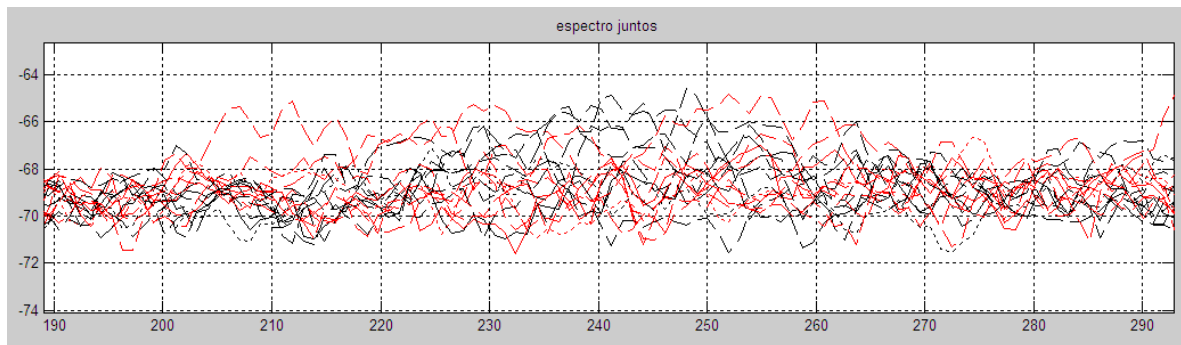


- Zona entre 172 y 190 Hz.

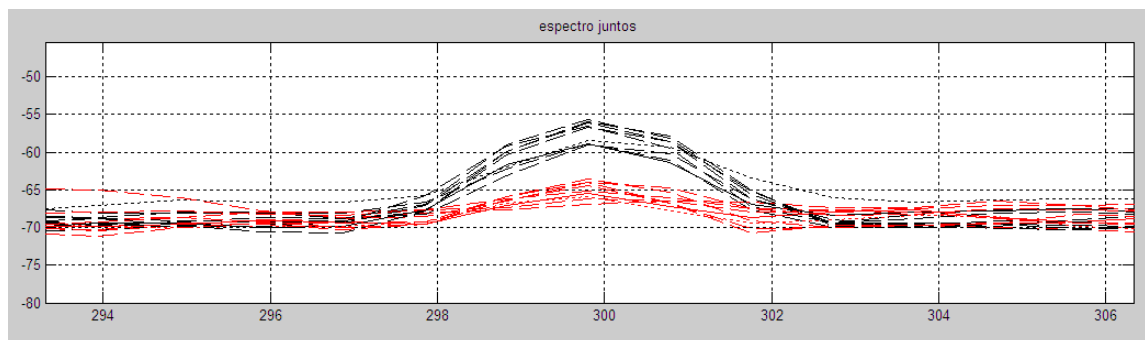
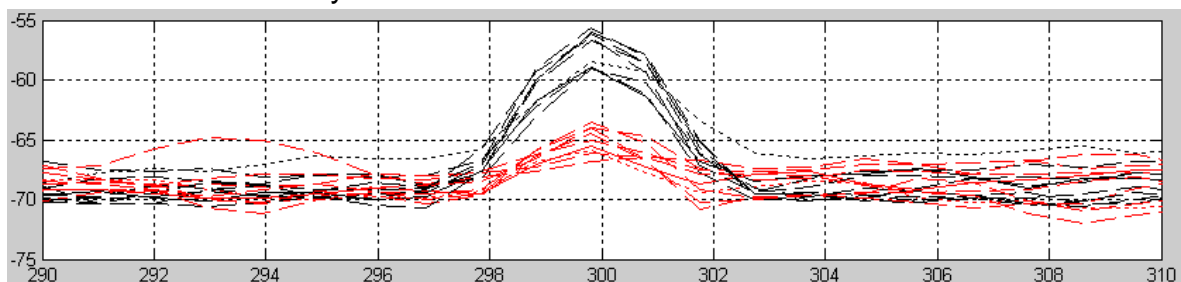


Como vemos, obviando uno de los casos, la diferencia sería de: $58 - 56 = 2$, muy inferior a la zona de 60 Hz. Entonces, esta última zona de 60 Hz, sigue siendo la mejor variable para clasificar los dos eventos.

- Zona entre 190 Hz y 290 Hz.

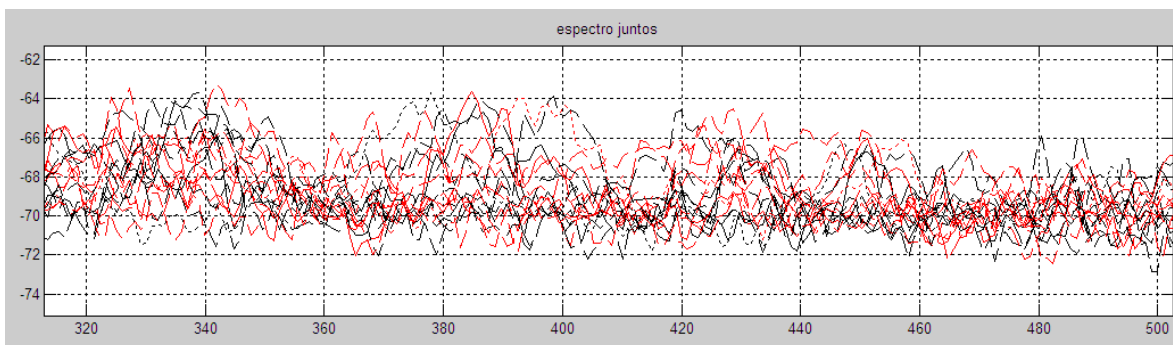


- Zona entre 290 y 310 Hz.

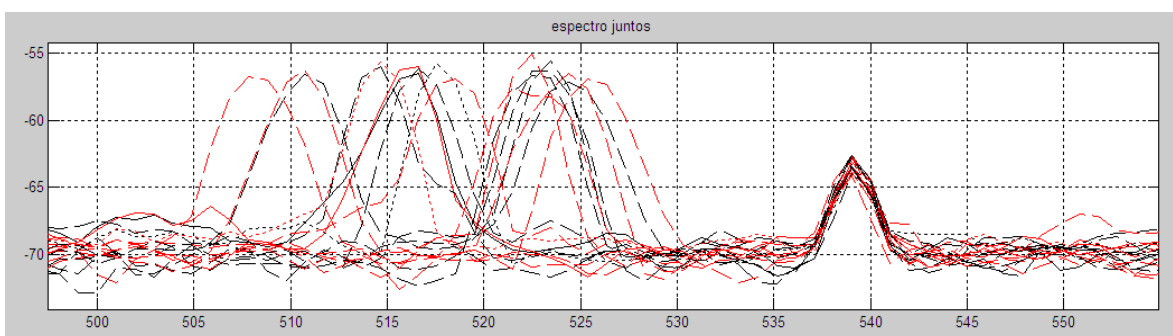


También es una buena variable. La diferencia sería de $64 - 59 = 6$, que está bastante bien y que se acerca a la conseguida en la variable de 60 Hz. De todas formas, la de 60 Hz sigue siendo la mejor.

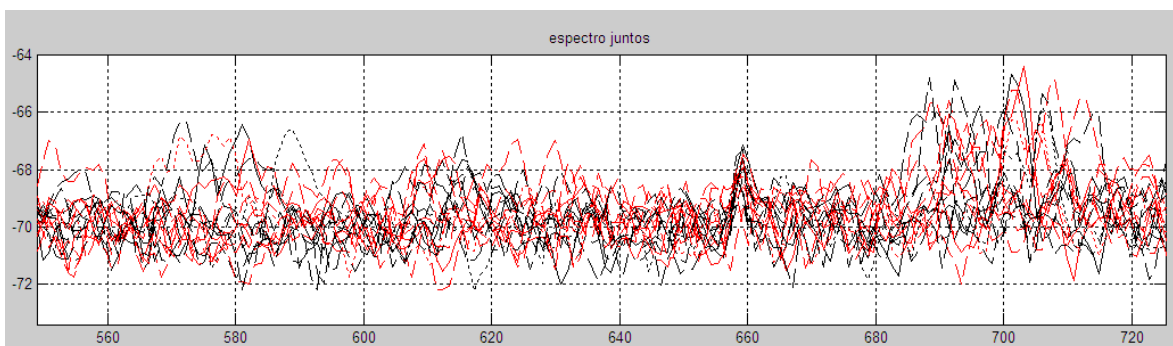
- Zona entre 310 Hz y 500 Hz.



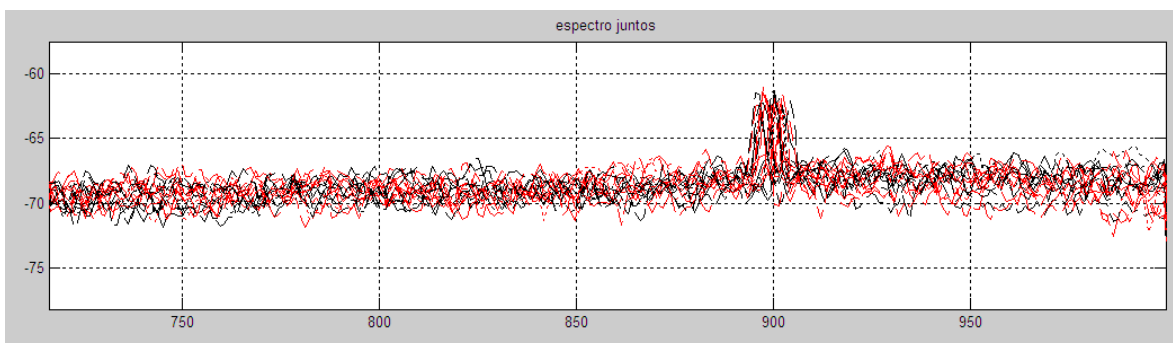
- Zona entre 510 y 550 Hz



- Zona entre 550 y 720 Hz.



- Zona entre 720 y 1000 Hz.



F (Hz)	60	180	300
ΔU	8,5	2	6

La mejor zona encontrada entre estos dos eventos para la clasificación es la diferencia de 8,5 encontrada en 60 Hz, pudiendo poner un umbral en 36,75.

4.2 ESTIMULOS CONTINUOS.

a) AMBIENTE BASAL.

RESULTADOS.

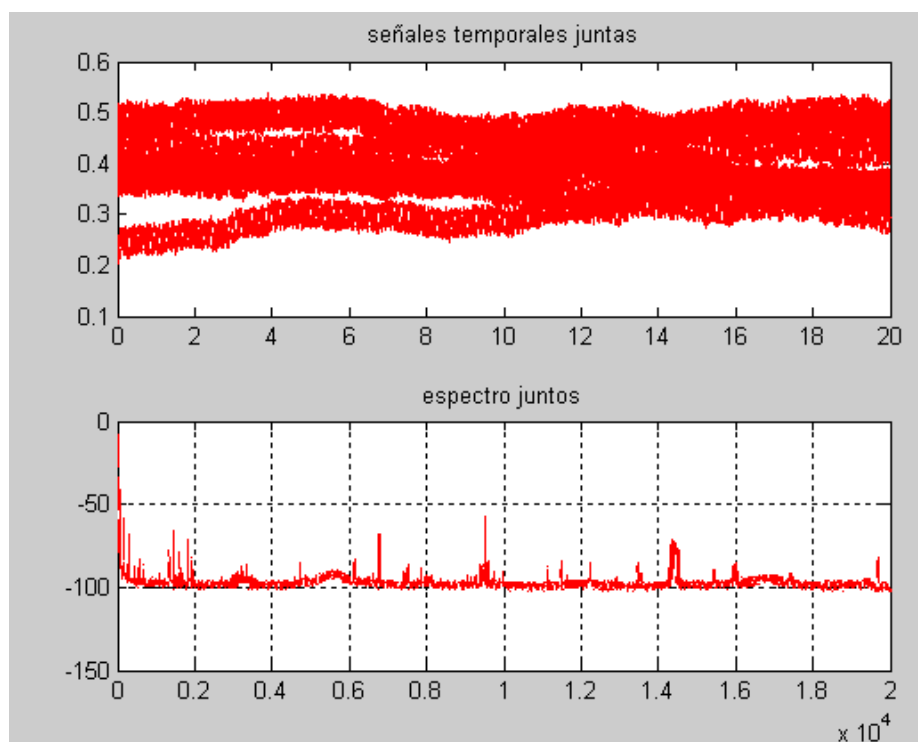


Figura 4-3.- Ambiente basal.

Como se observa el DC está entre 0,2 y 0,5 V. Con las condiciones ya indicadas en el diseño experimental.

b) AGUA FRÍA EN UNA HOJA VERSUS AMBIENTE BASAL.

El agua fría se la coloca en un vaso de plástico, con el fin de introducir una hoja sin que toque el vaso para no producir ningún artefacto mecánico, cabe recalcar

que esta hoja no tiene colocados los electrodos de bio potencial. La prueba se inicio a la 13:07 PM y finalizo a las 13:14 PM.

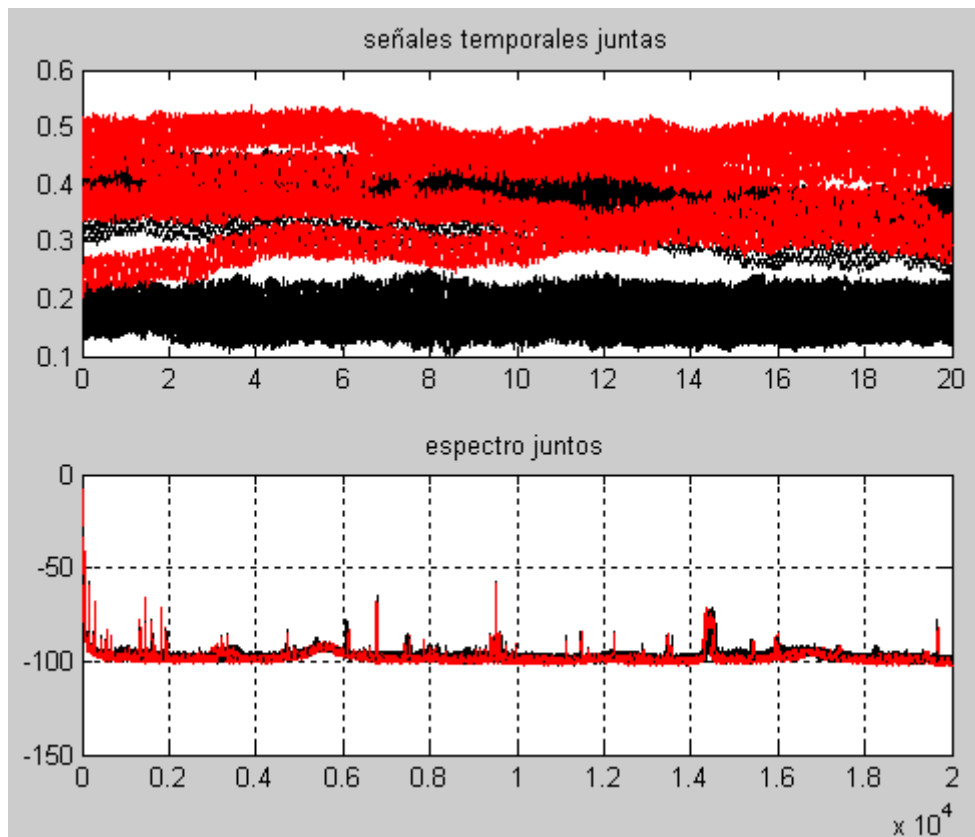
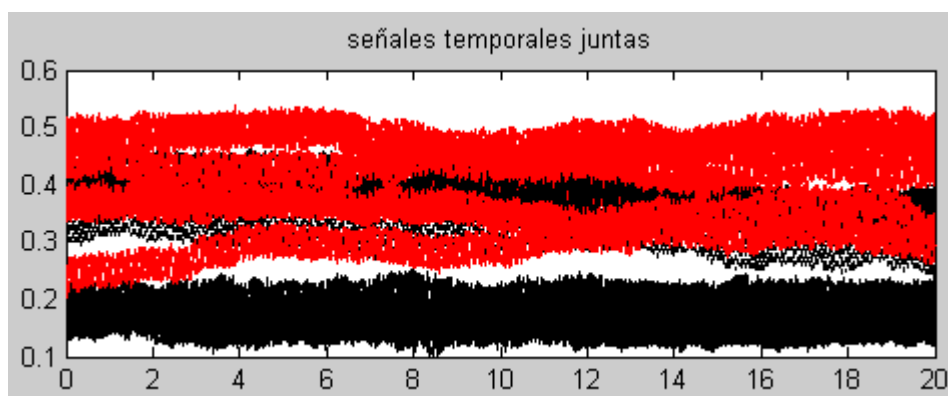


Figura 4-4.- Agua fría en una hoja versus ambiente basal.

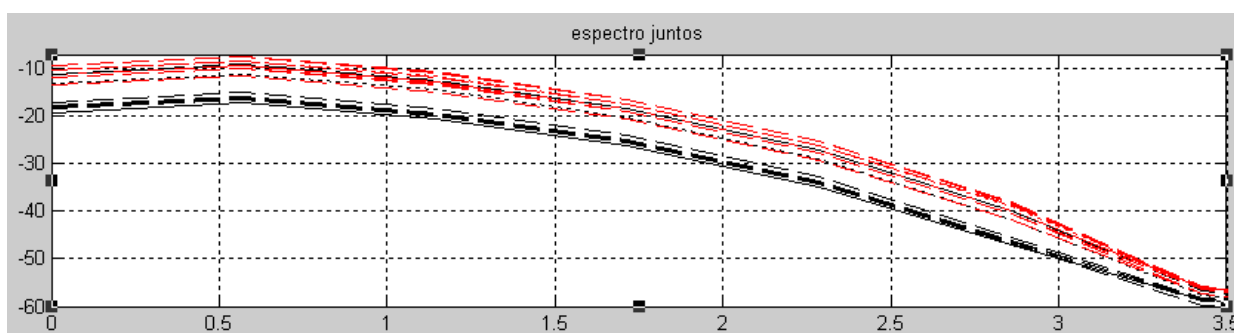
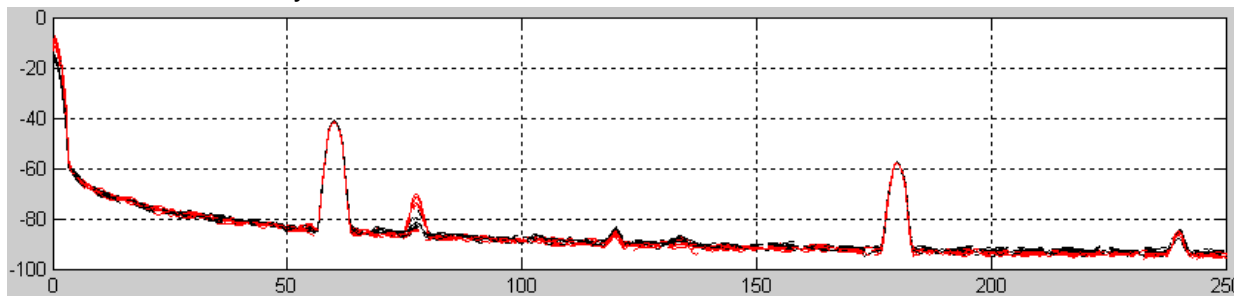
ANALISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO:



Si bien los niveles de DC permiten observar que existe diferencia, estos niveles no son una buena variable para clasificación pues conduciría a demasiados errores.

ANALISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA:

- Zona entre 0 y 250 Hz.



Por lo dicho en el dominio del tiempo, vemos que los niveles de DC muestran alguna diferencia pero no serían una buena variable para clasificar los dos eventos.

C) AGUA CALIENTE EN UNA HOJA VERSUS AMBIENTE BASAL.

El agua caliente se la coloca en un vaso de plástico, con el fin de introducir una hoja sin que toque el vaso para no producir ningún artefacto mecánico, cabe recalcar que esta hoja no tiene colocados los electrodos de bio potencial. La prueba se inicio a la La prueba se inicio a la 13:56 PM y finalizo a las 14:01 PM.

RESULTADOS.

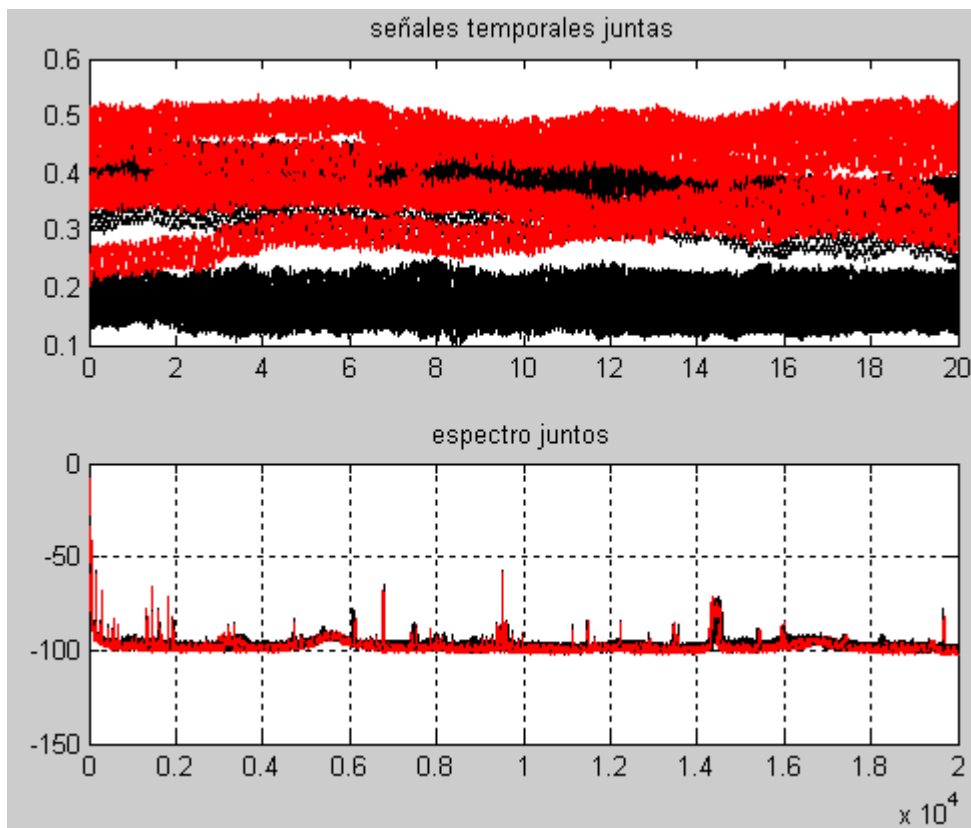
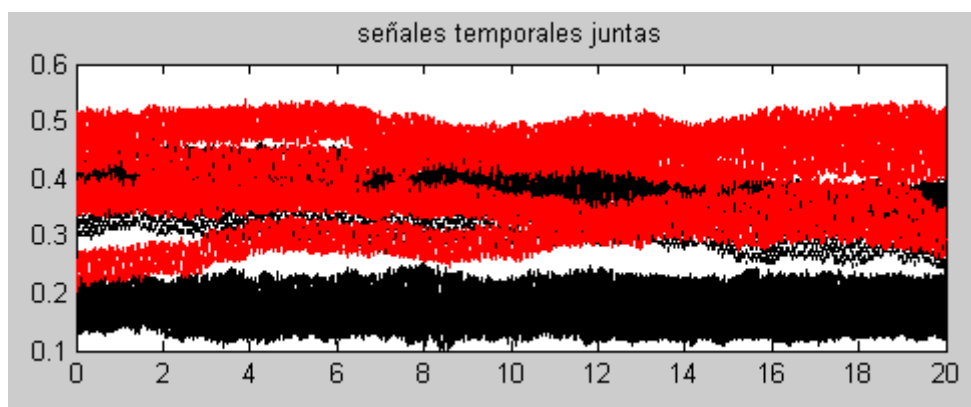


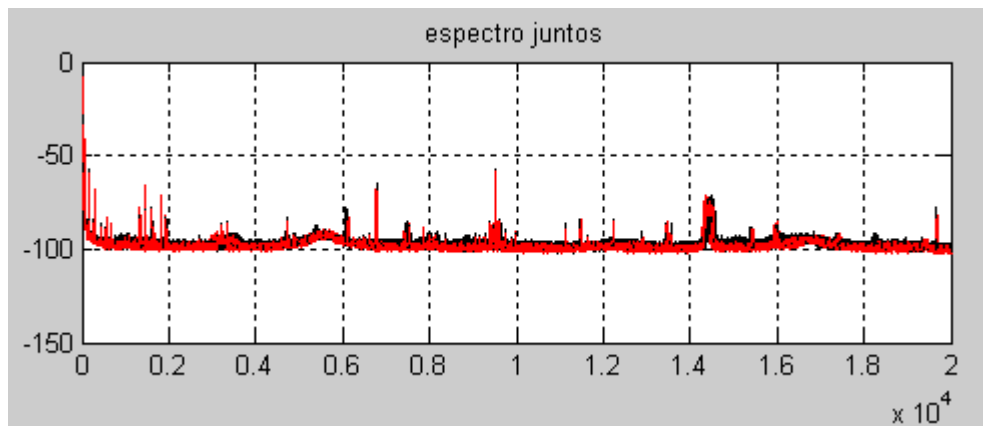
Figura 4-5.- Agua caliente en una hoja versus ambiente basal.

ANALISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO:

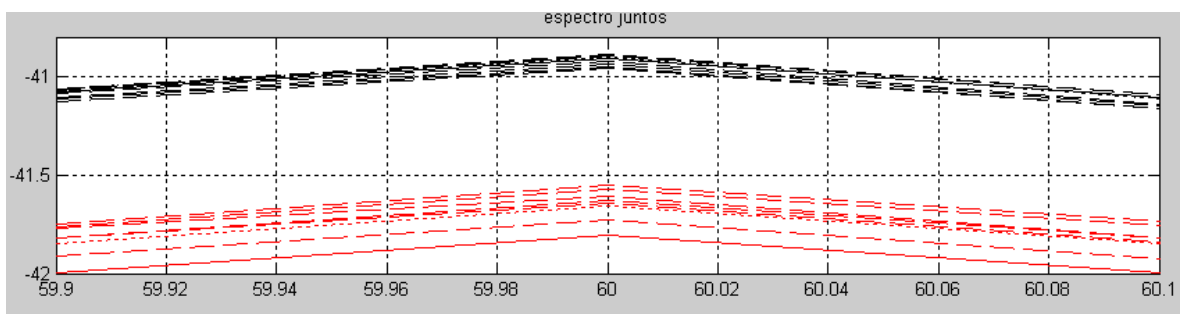
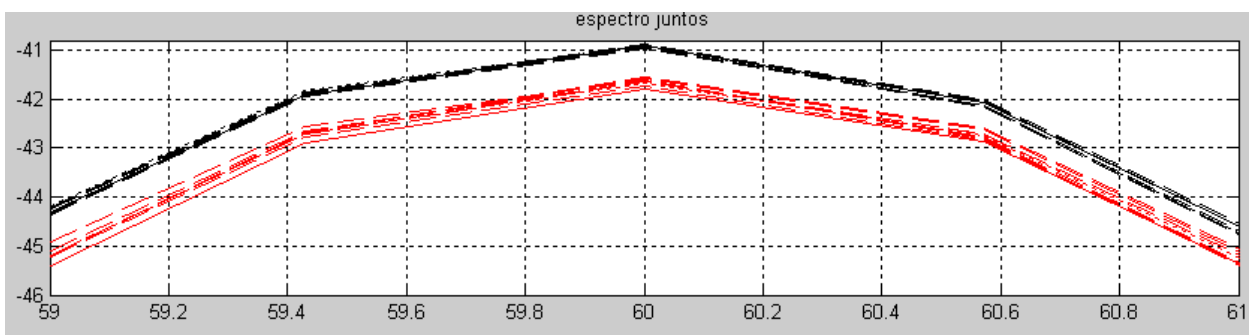
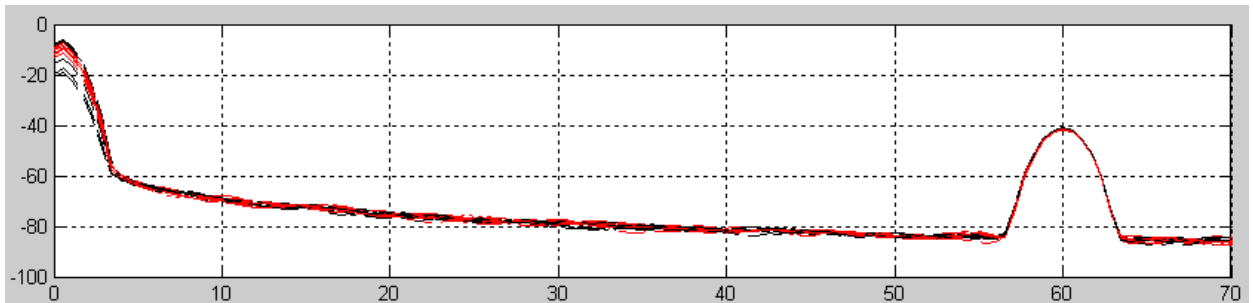


Existe diferencia en los niveles DC pero estas variables no sirven para clasificación.

ANALISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA:

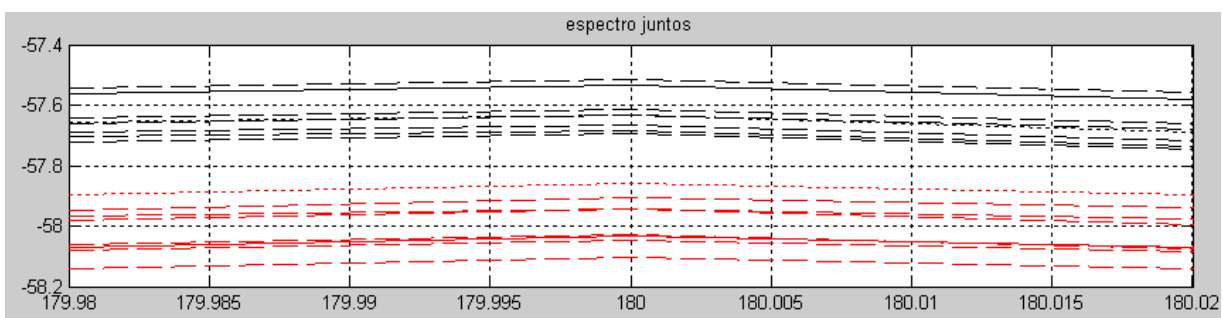
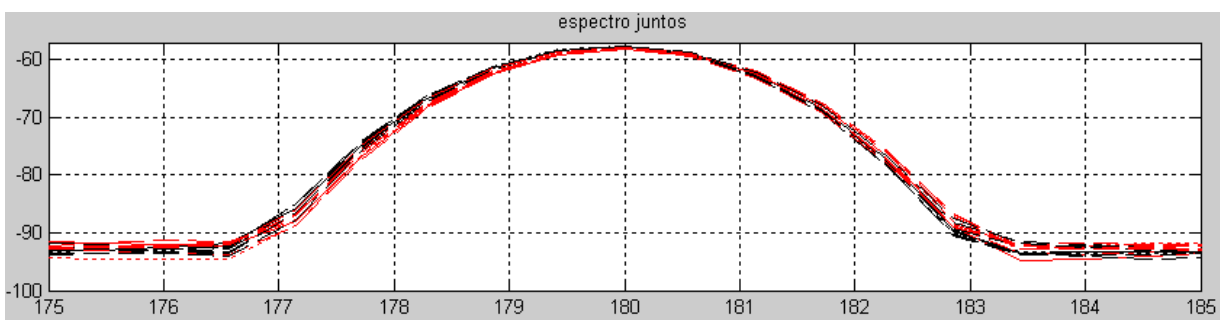
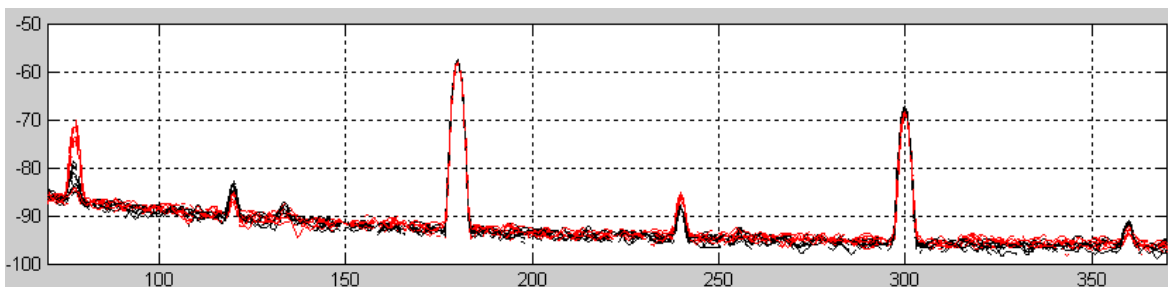


- Zona entre 0 y 70Hz



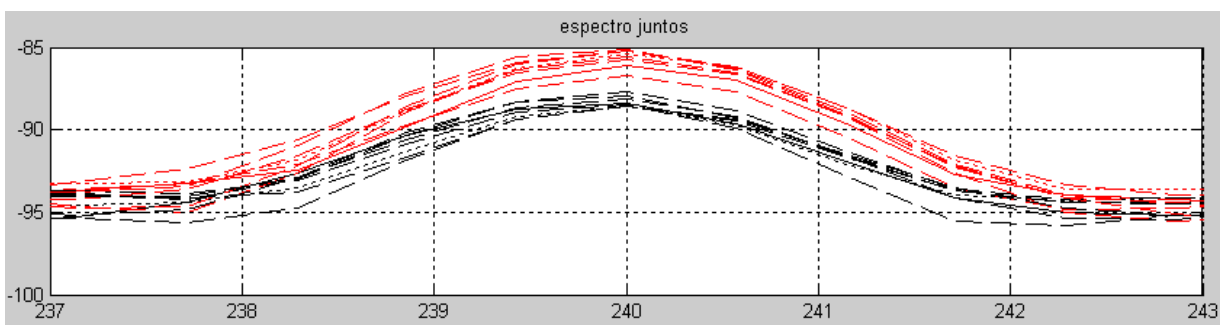
La diferencia en 60 Hz es de 0,58 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

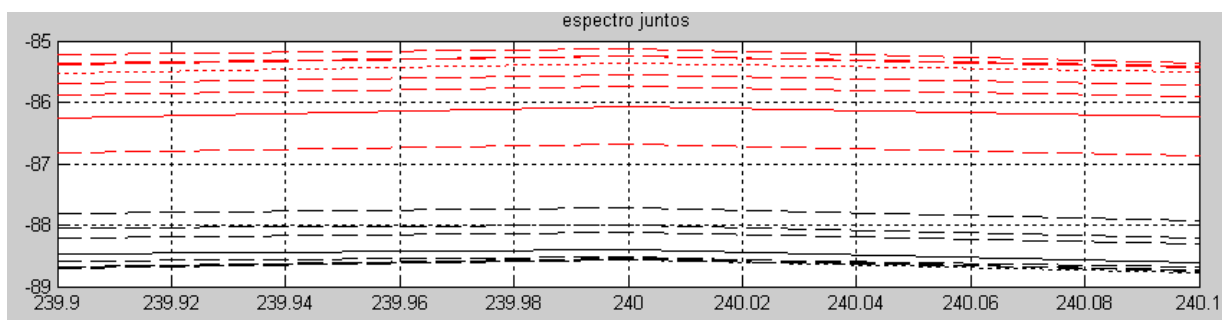
- Zona entre 70 y 370 Hz.



La diferencia en 180 Hz es de 0,2 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

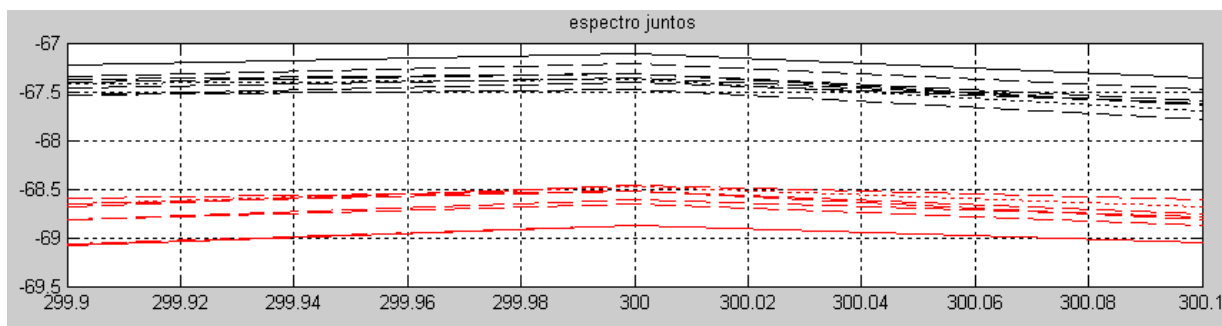
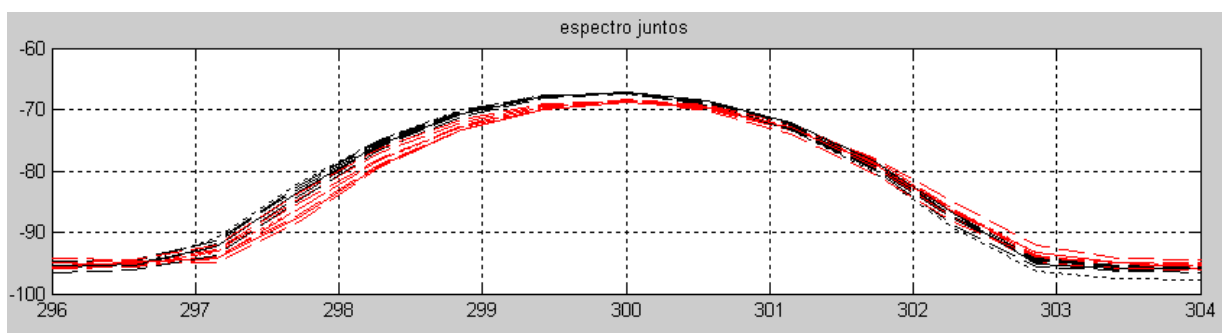
- Zona entre 237 y 243 Hz.





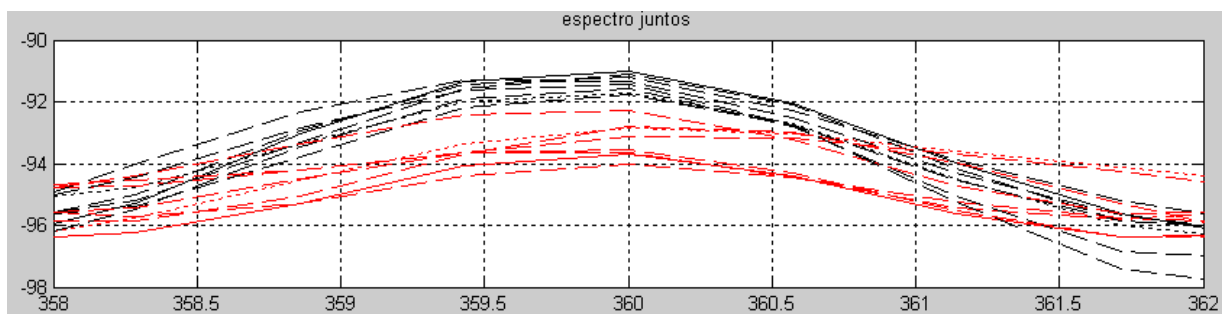
La diferencia en 240 Hz es de 1 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

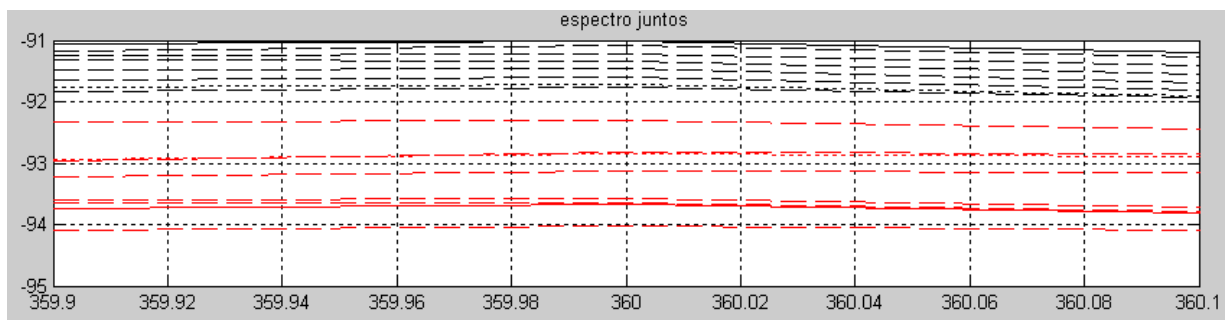
- Zona entre 296 y 304 Hz.



La diferencia en 300 Hz es de 1 dB por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 358 y 362 Hz.





La diferencia en 360 Hz es de 0,5 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

f(Hz)	60	180	240	300	360
ΔU	0,58	0,2	1	1	0,5

Las mejores zonas encontradas para la clasificación son las de 240 y 300 Hz con 1U de diferencia entre los dos eventos.

d) AGUA VERTIDA EN RAÍZ VERSUS AMBIENTE BASAL.

La prueba se inicio a las 14:22 PM y finalizo a las 14:27 PM. El agua colocada en la maseta estuvo 5 minutos en reposo antes de iniciar las pruebas.

RESULTADOS.

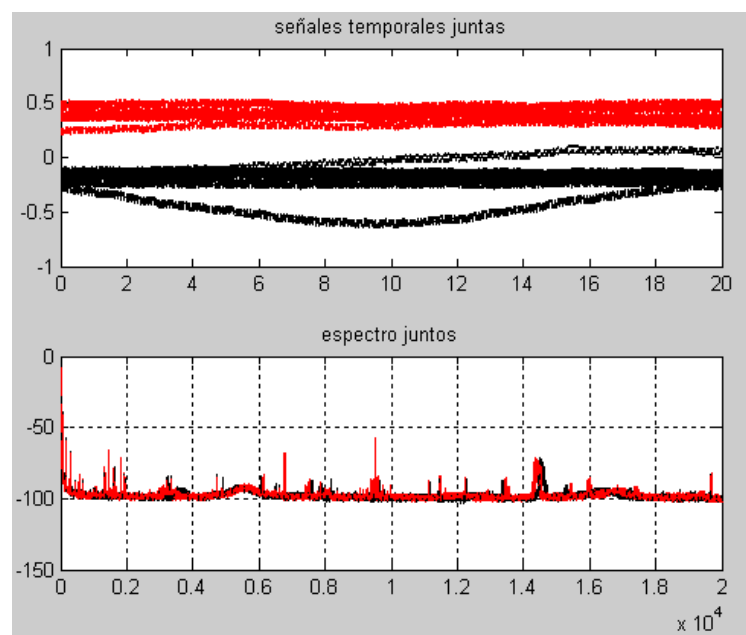
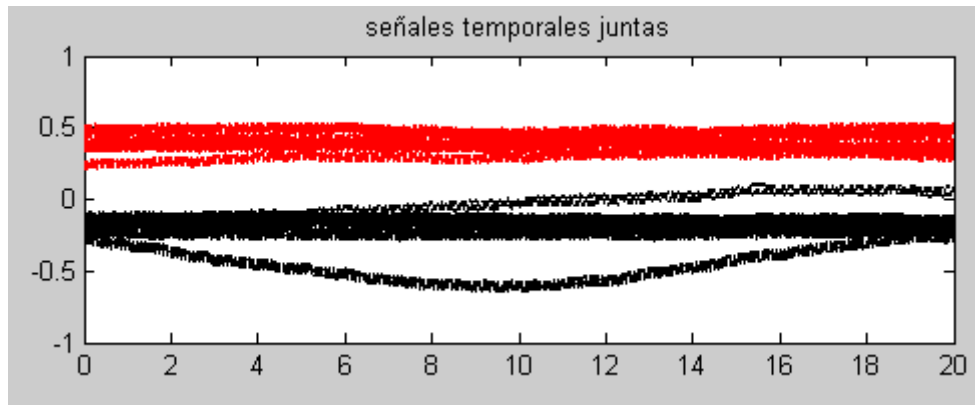
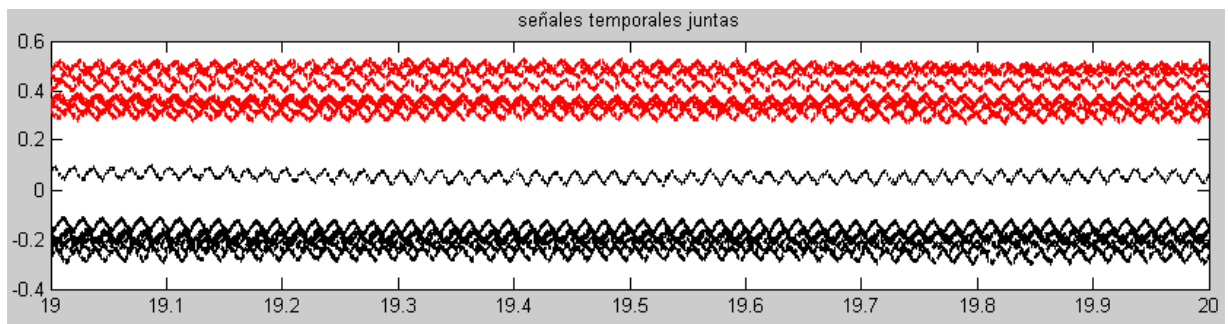


Figura 4-6.- agua vertida en raíz versus ambiente basal.

ANALISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO:

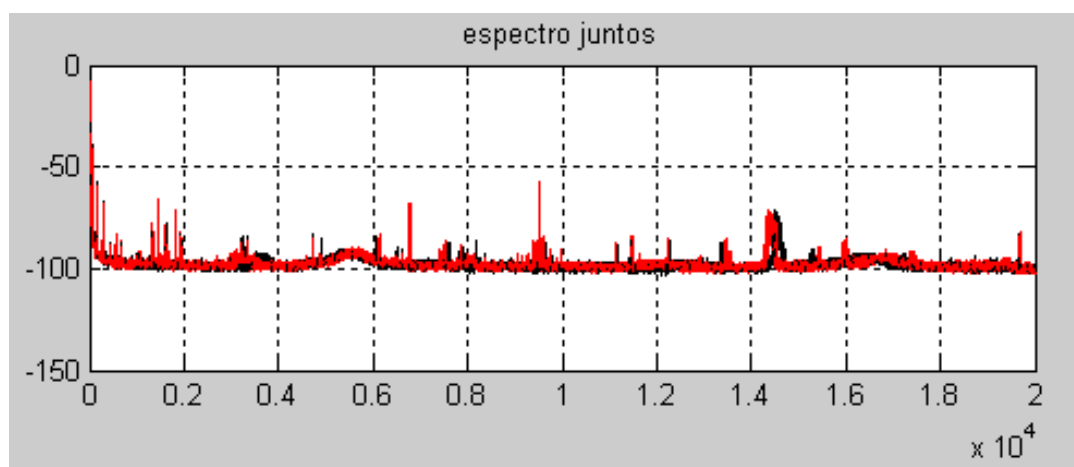


- Zona entre 19 y 20 segundos.

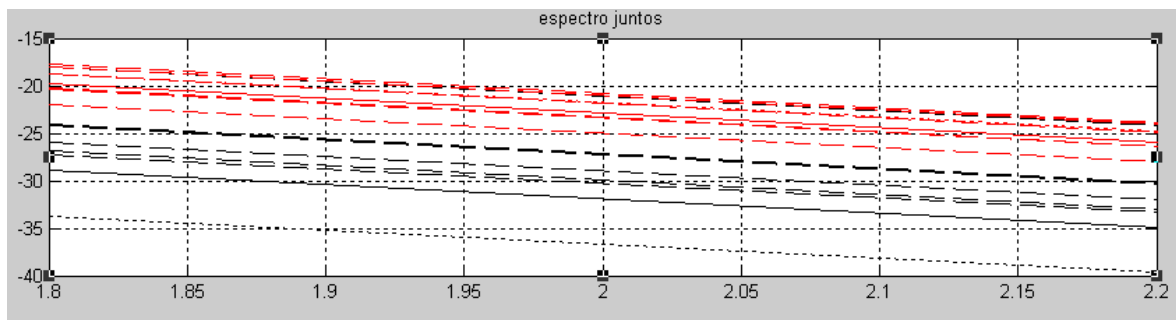
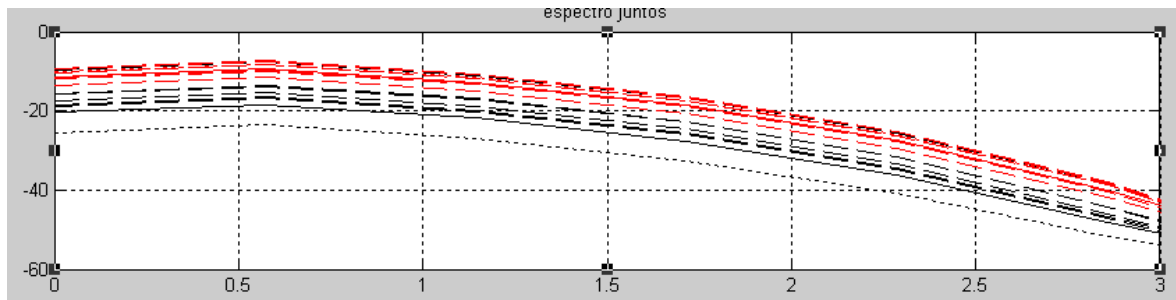
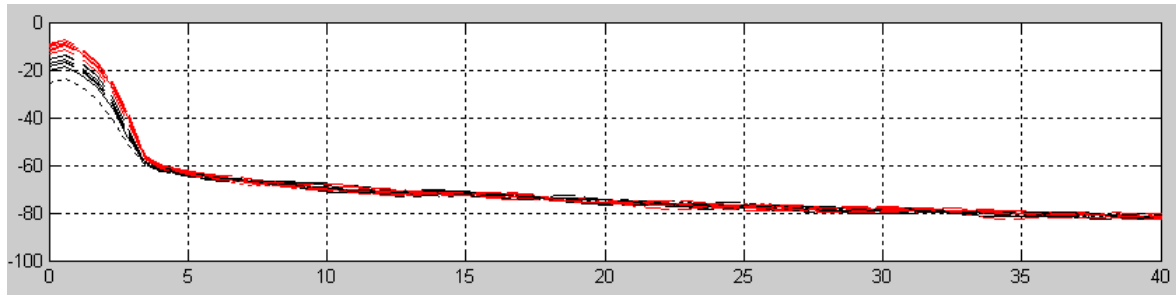


Los niveles de DC sí permiten ver que existe diferencia de valor de 0.1 esta si es una variable que nos permite clasificar los dos eventos.

ANALISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA:

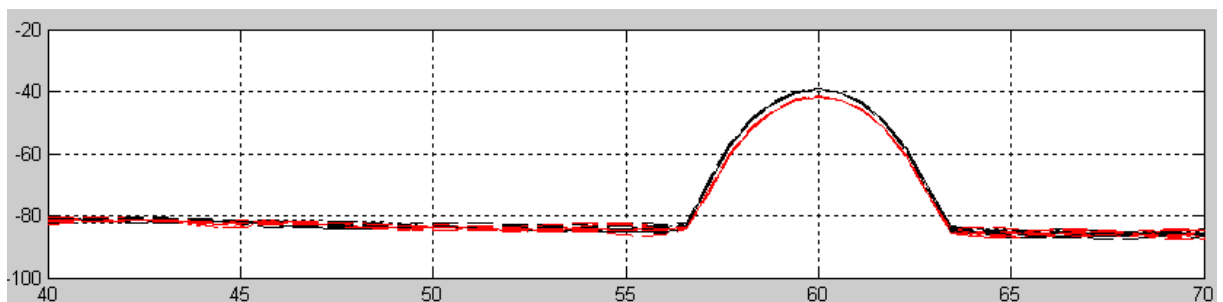


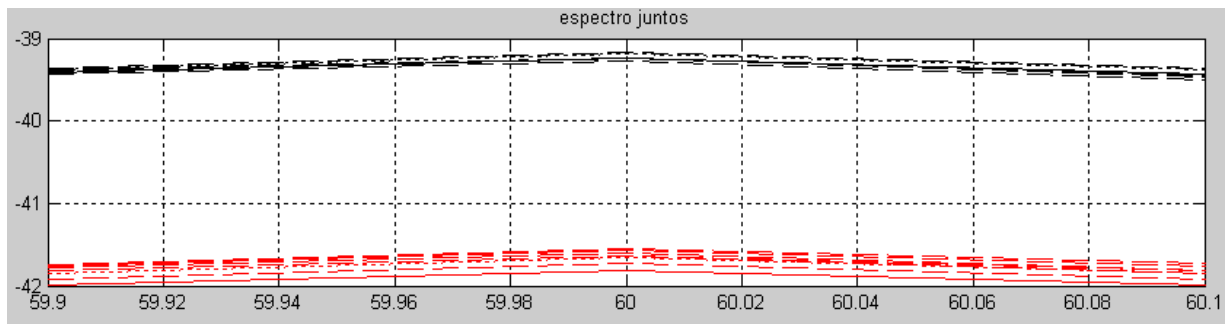
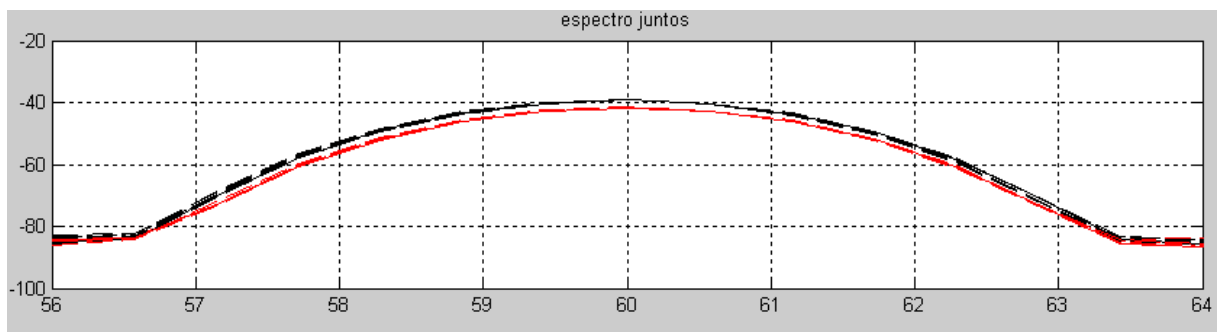
- Zona entre 0 y 40 Hz



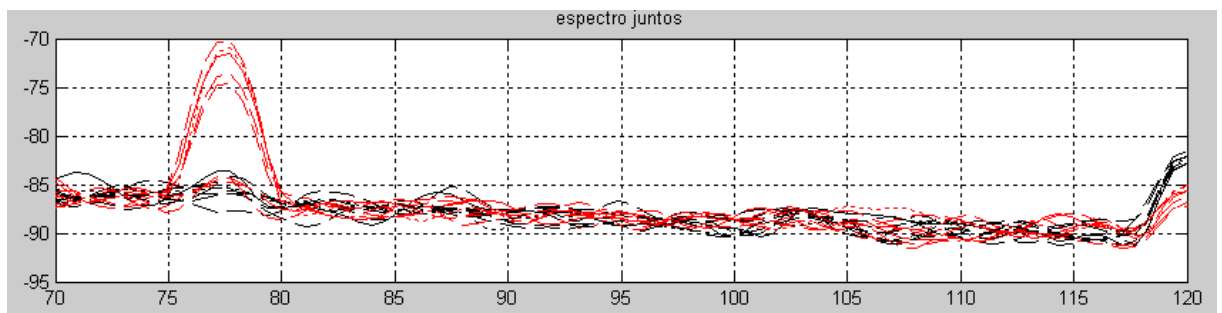
Se tiene diferencia entre los dos eventos, pero no es para todos los casos, por lo que se descarta como variable de clasificación.

- Zona entre 40 y 70 Hz.



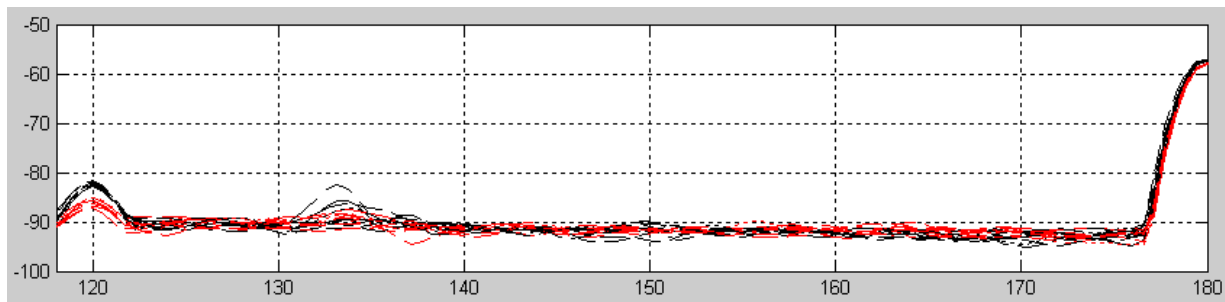


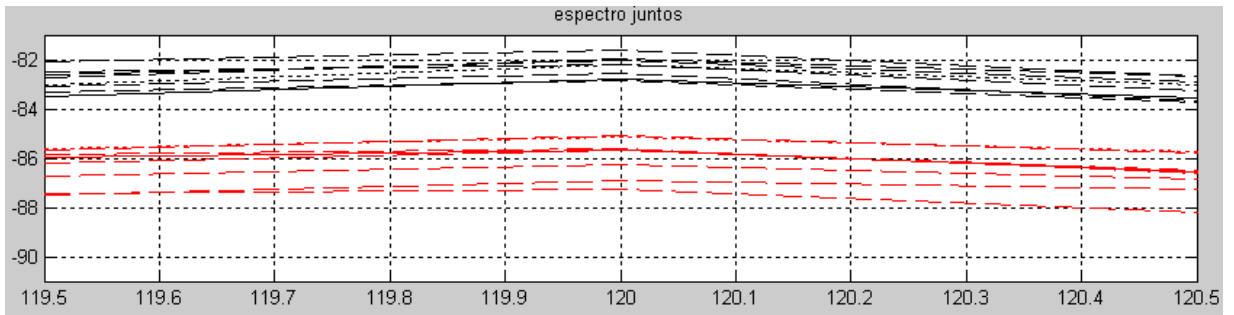
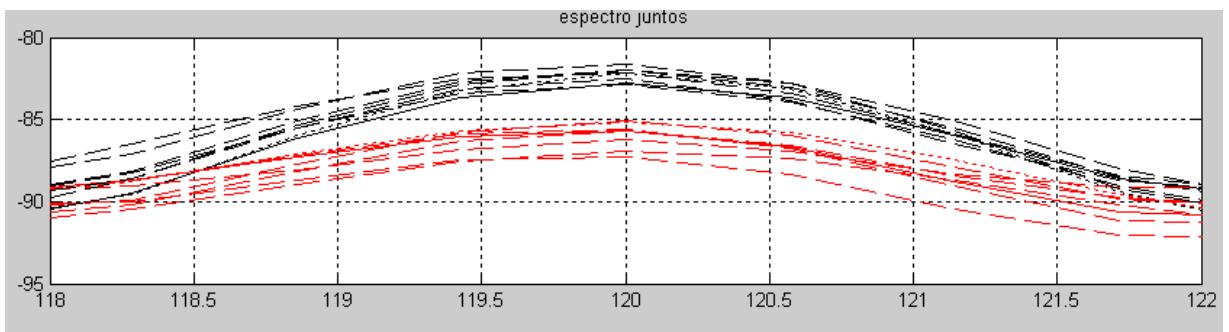
- Zona entre 70 y 120 Hz.



La diferencia en 60 Hz es de 2,2 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

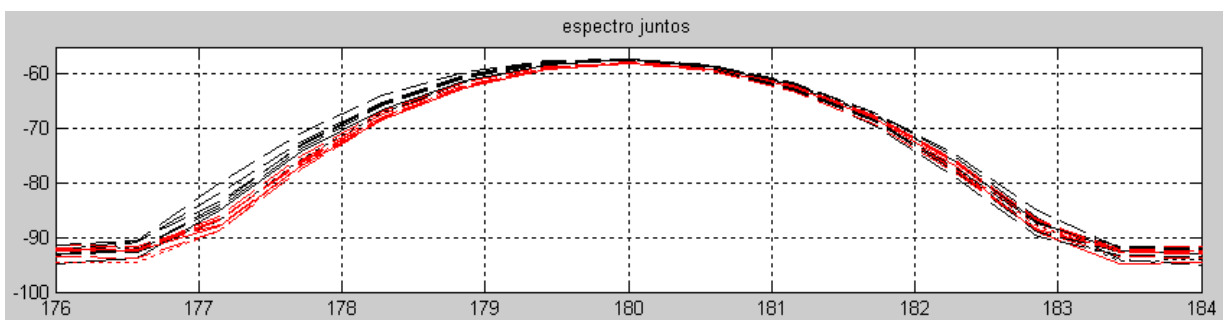
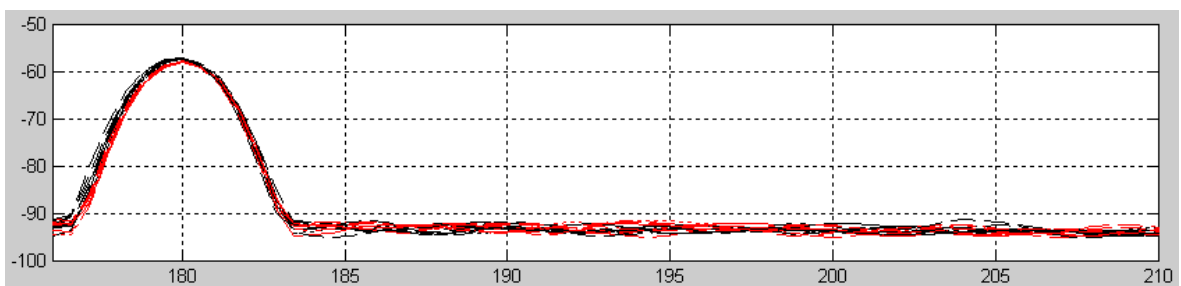
- Zona entre 118 y 180 Hz.

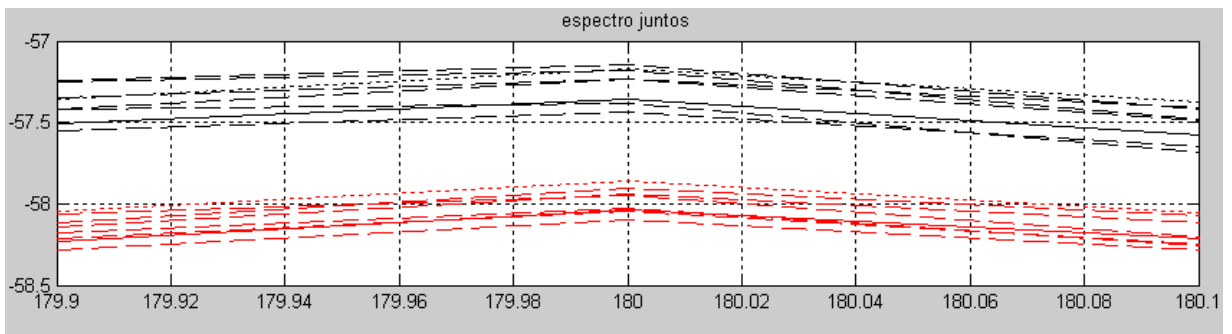




La diferencia en 120 Hz es de 2U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

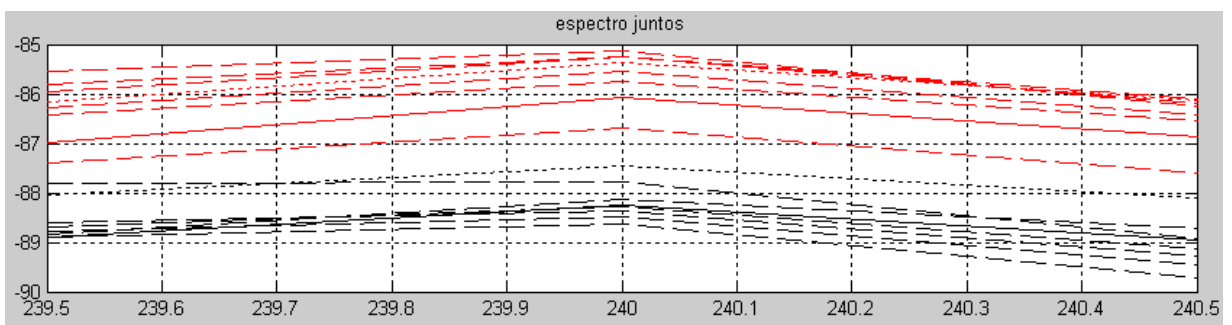
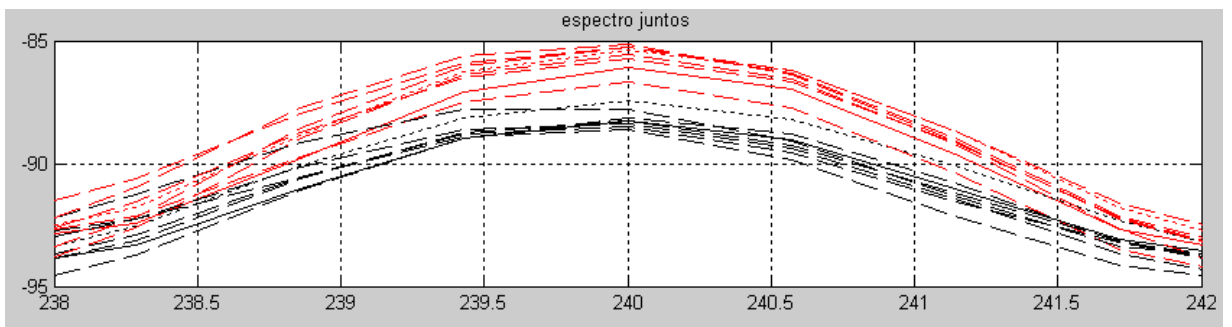
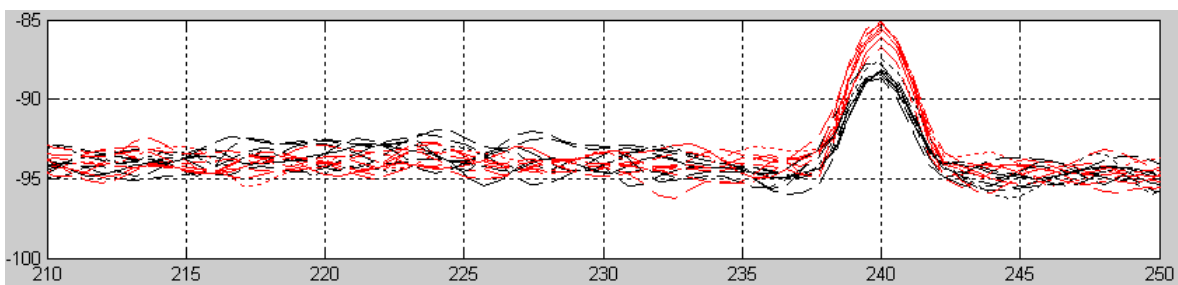
- Zona entre 176 y 210 Hz.





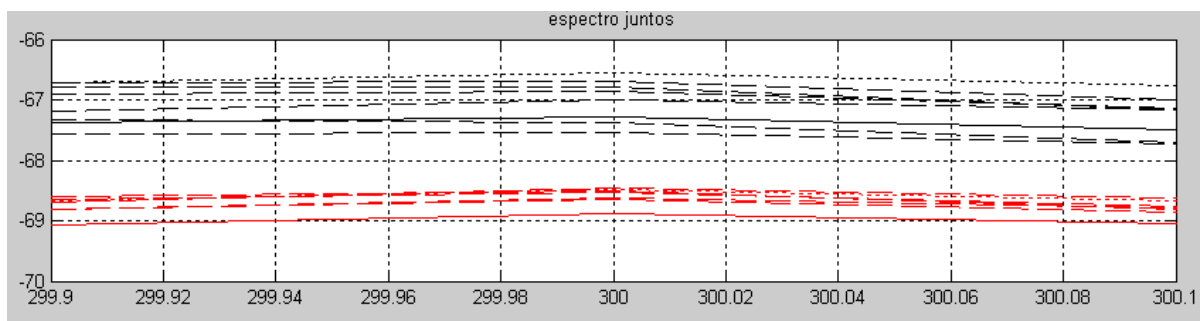
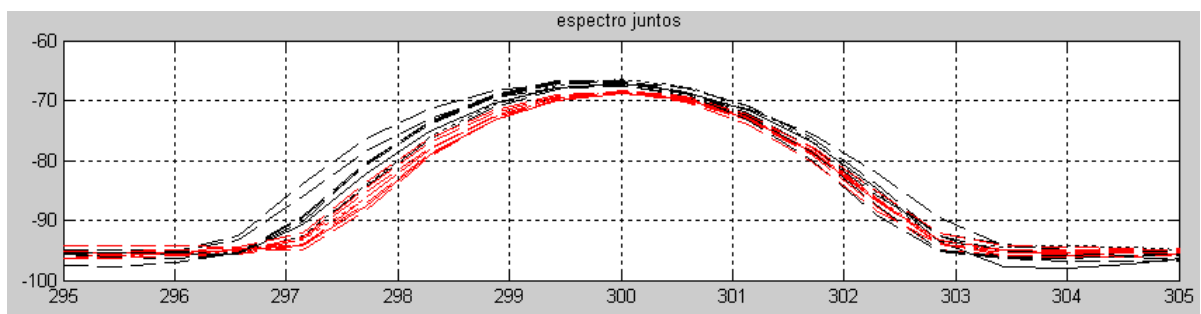
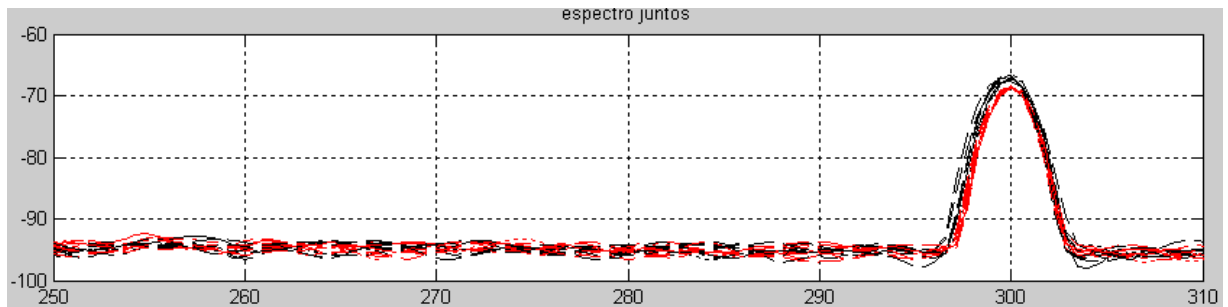
La diferencia en 180 Hz es de 0,4 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 210 y 250 Hz.



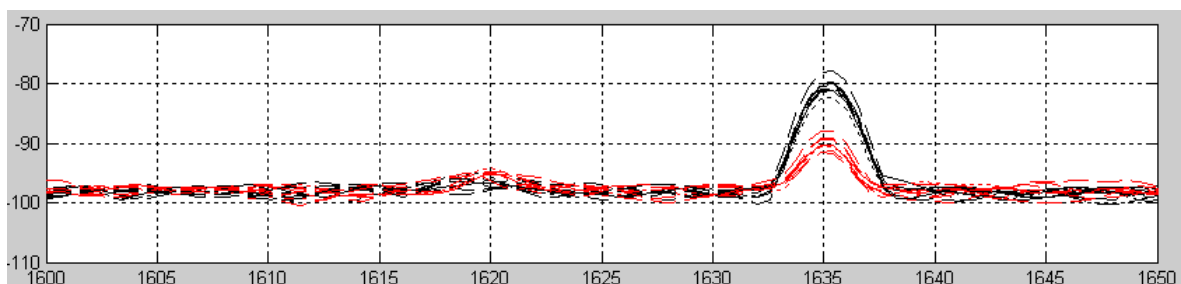
La diferencia en 240 Hz es de 0,75 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

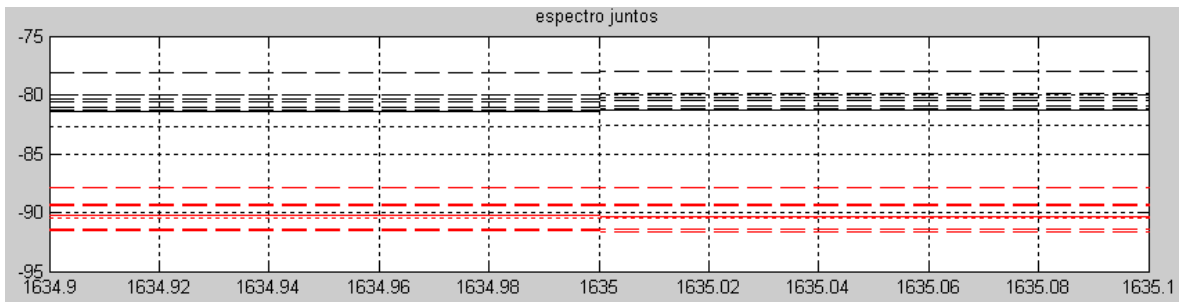
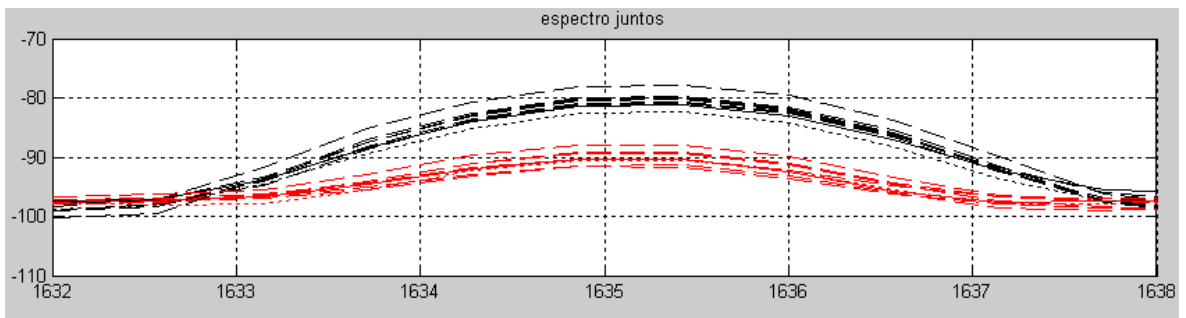
- Zona entre 250 y 310 Hz.



La diferencia en 300 Hz es de 0,9 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

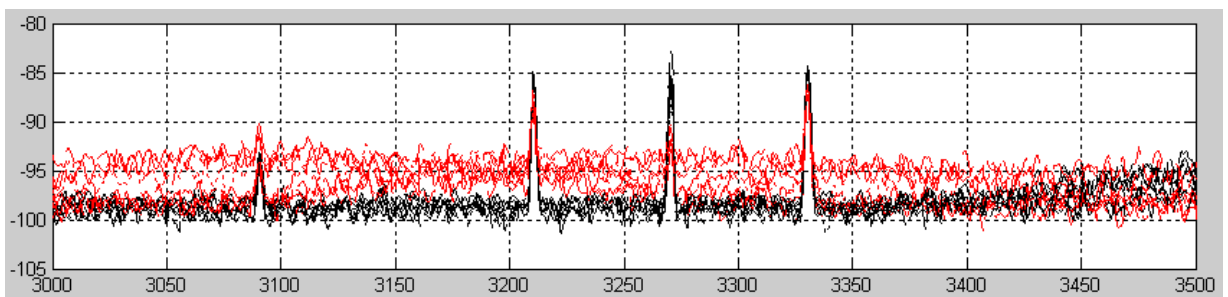
- Zona entre 1600 y 1650 Hz.



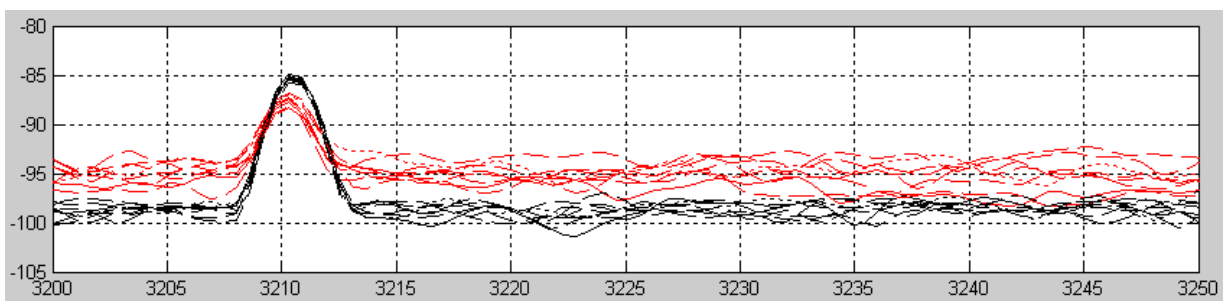


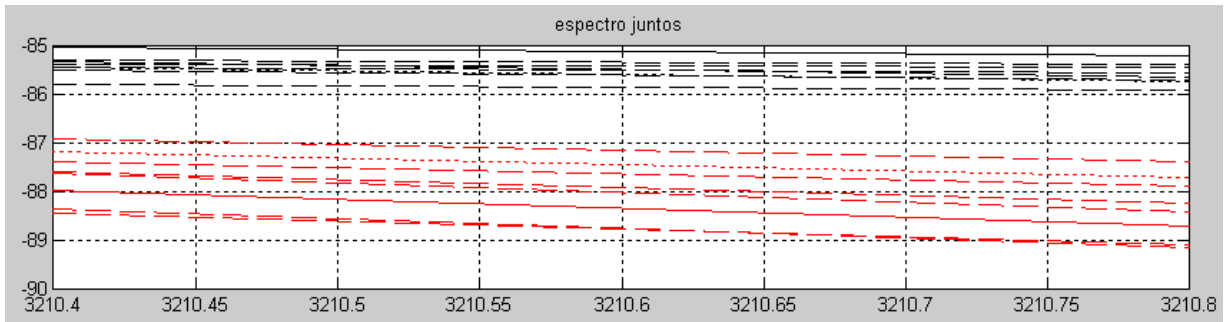
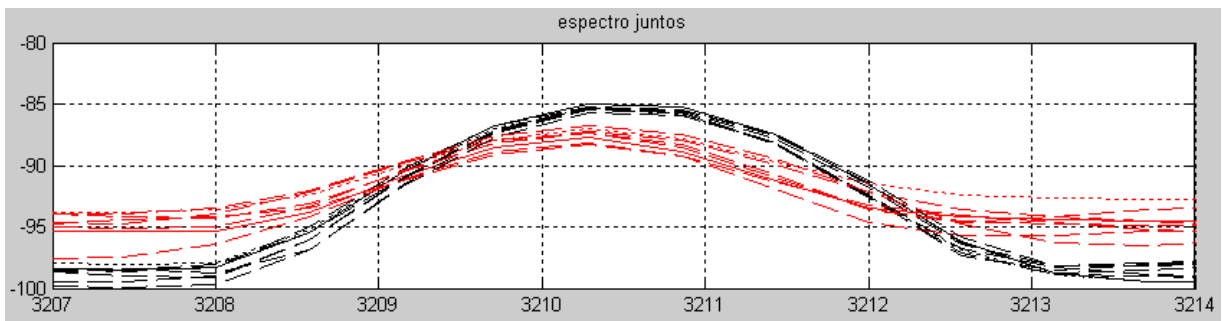
La diferencia en 1635 Hz es de 5U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 3000 y 3500 Hz.



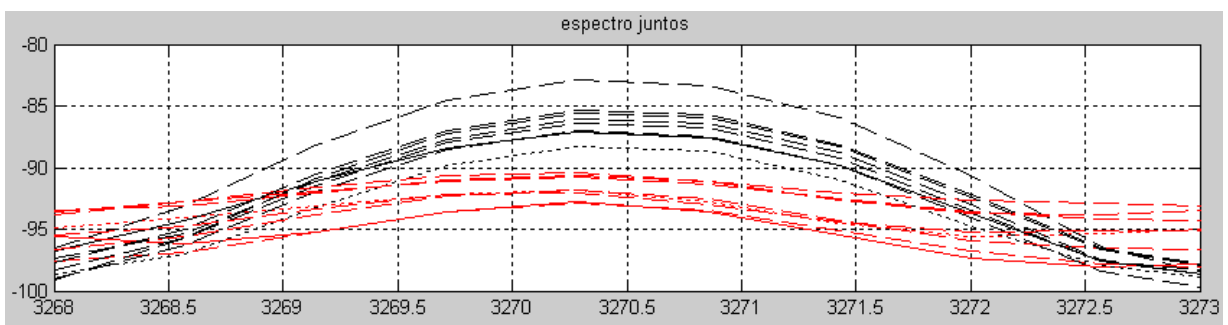
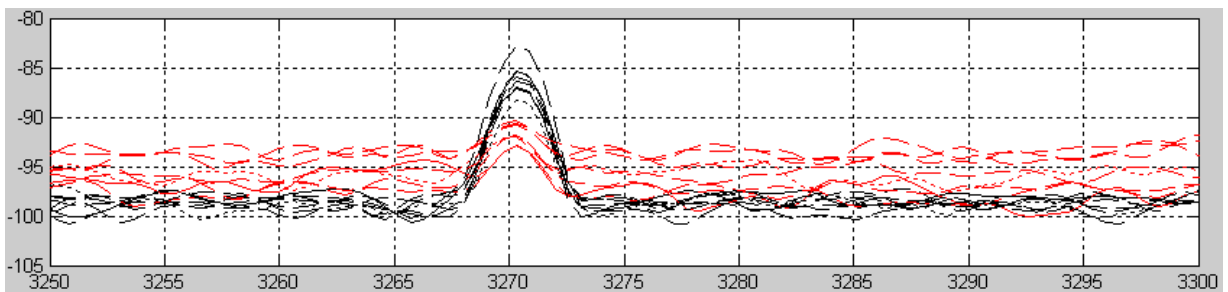
- Zona entre 3200 y 3250 Hz

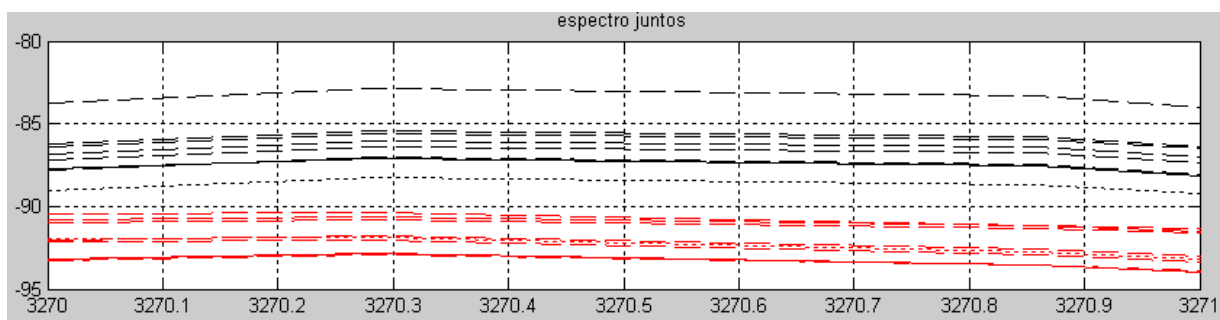




La diferencia en 3210,6 Hz es de 1 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

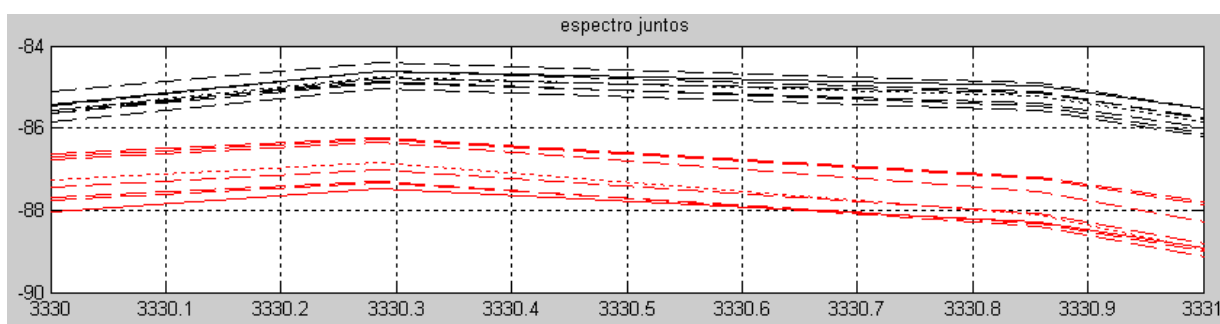
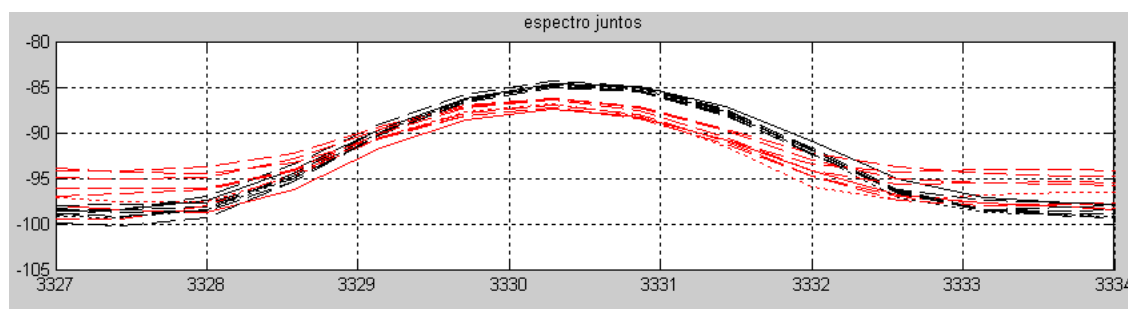
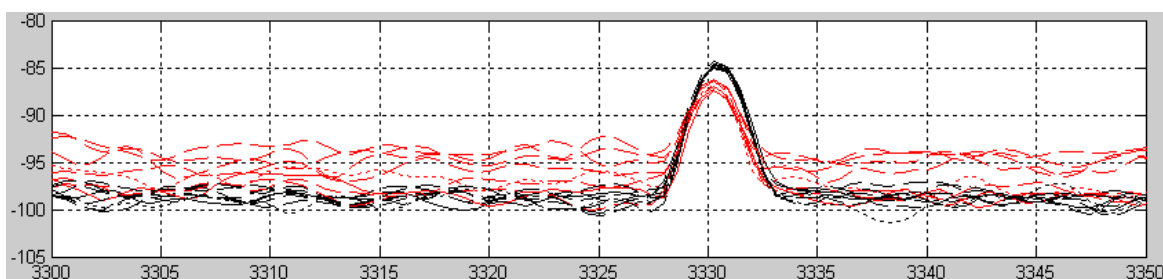
- Zona entre 3250 y 3300 Hz.





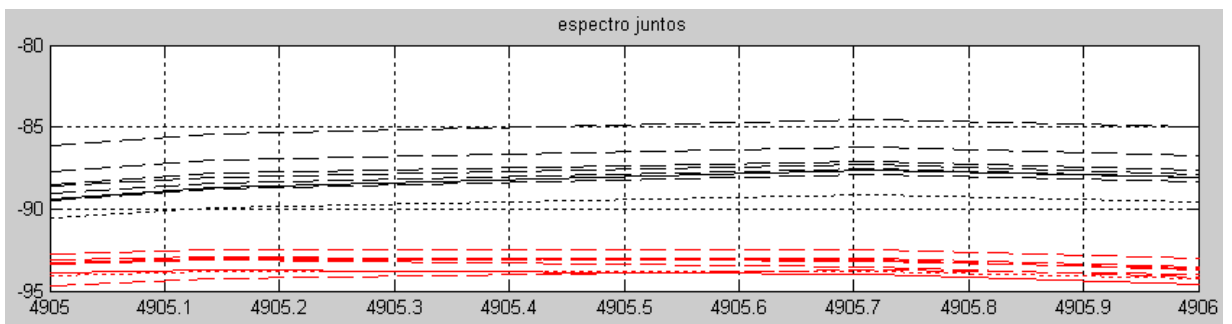
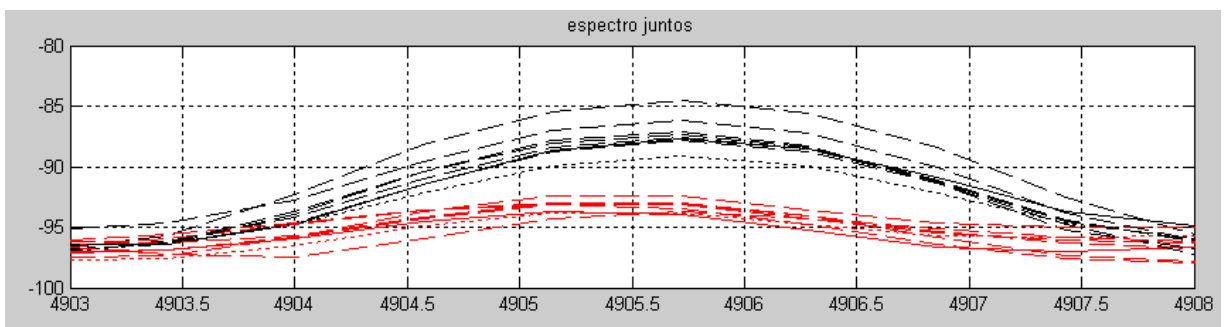
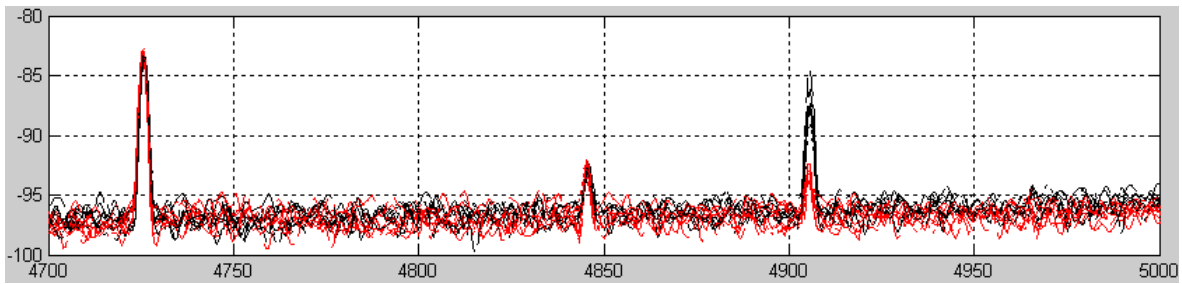
La diferencia en 3270,5 Hz es de 1,78 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 3300 y 3350 Hz.



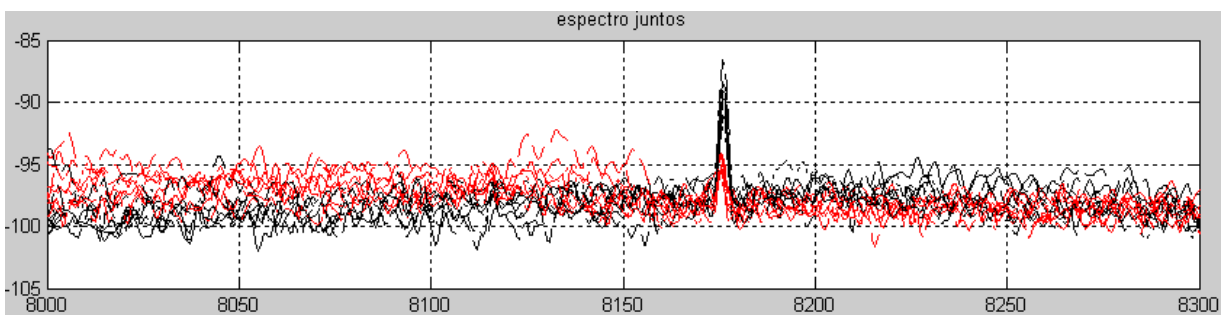
La diferencia en 3330,4 Hz es de 1,23 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

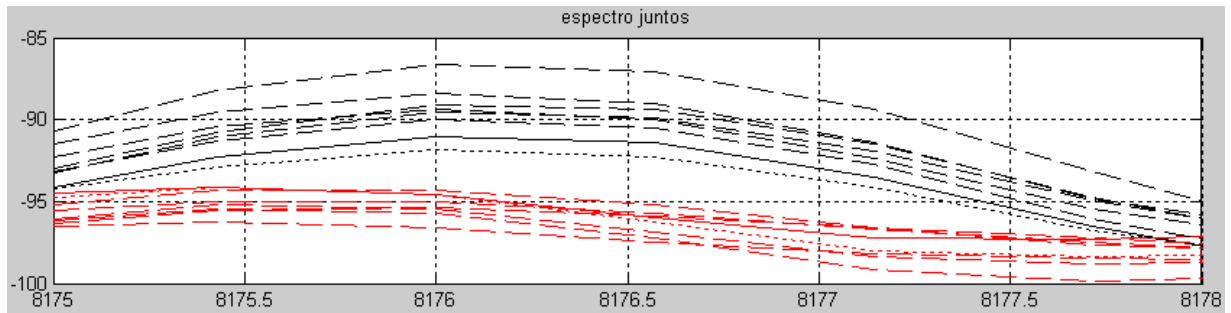
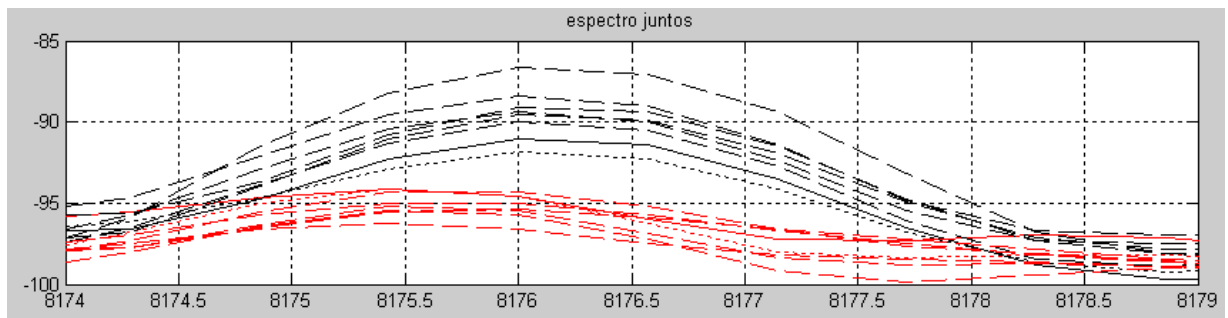
- Zona entre 4700 y 5000 Hz.



La diferencia en 4905,5 Hz es de 3,07 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 8000 y 8300 Hz.





La diferencia en 8176,2 Hz es de 2,07 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

f(Hz)	60	120	180	240	300	1635	3210,6	3270,5	3330,4	4905,5	8176,2
ΔU	2,2	2	0,4	0,75	0,9	5	1	1,78	1,23	3,07	2,07

Las mejor zona encontrada para la clasificación es la de 1635 Hz con 5 U de diferencia entre los dos eventos.

e) MUSICA INSTRUMENTAL VERSUS AMBIENTE BASAL.

Se colocó un par de parlantes de computadora a una distancia de 1,3 metros de la planta, al mismo nivel. La prueba se inició a las 14:48 PM y finalizó a las 14:53 PM.

RESULTADOS.

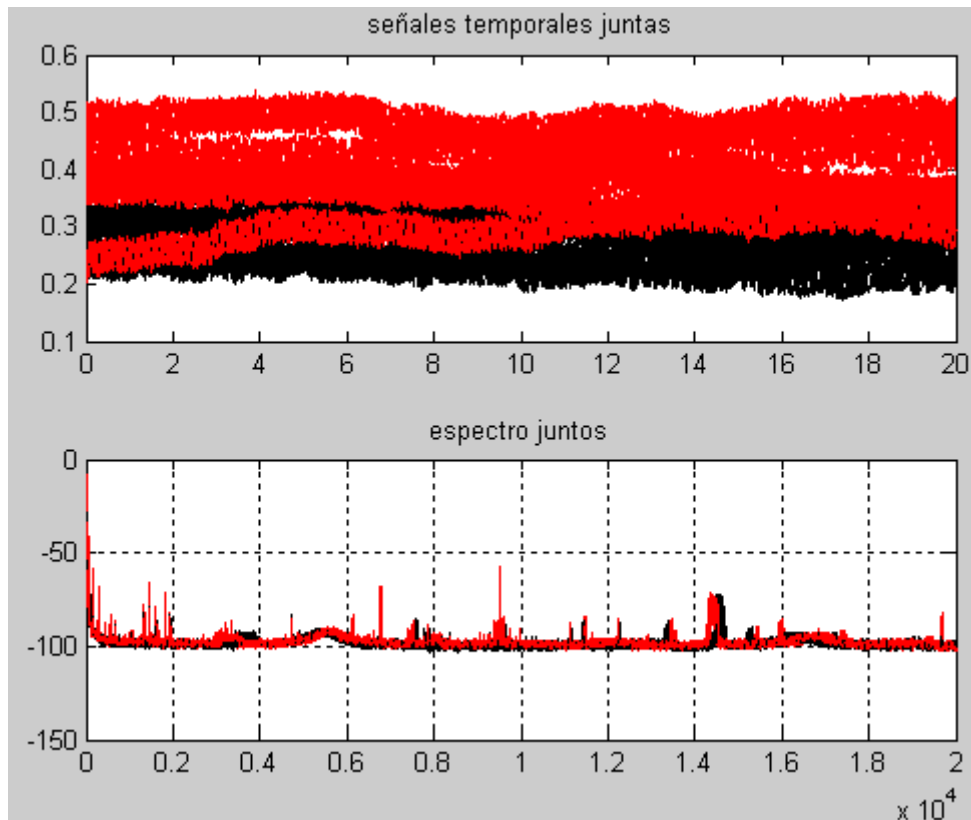
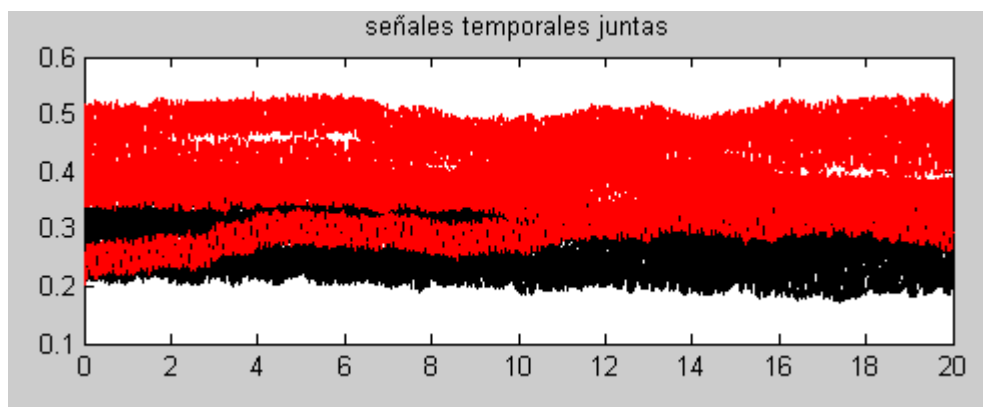


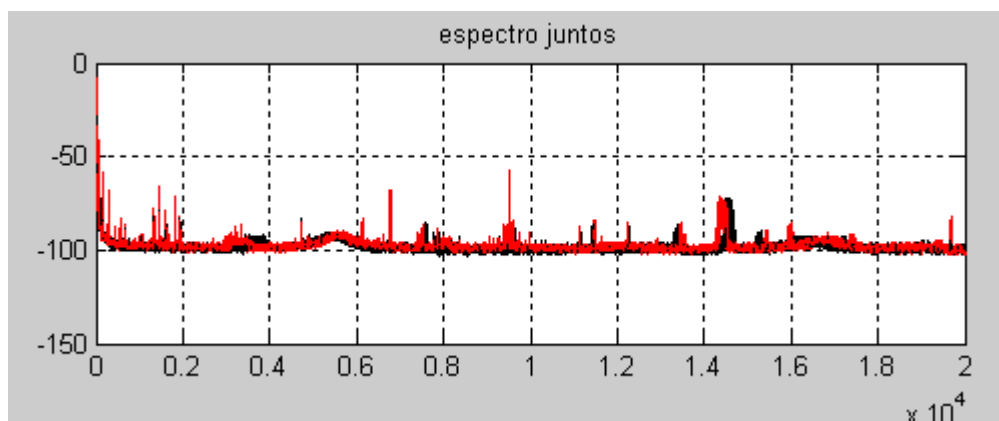
Figura 4-7.- Música instrumental versus ambiente basal.

ANÁLISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO:

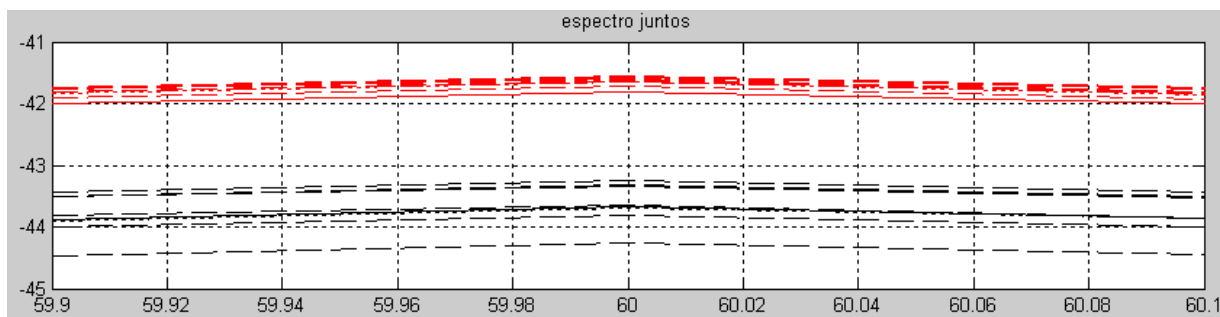
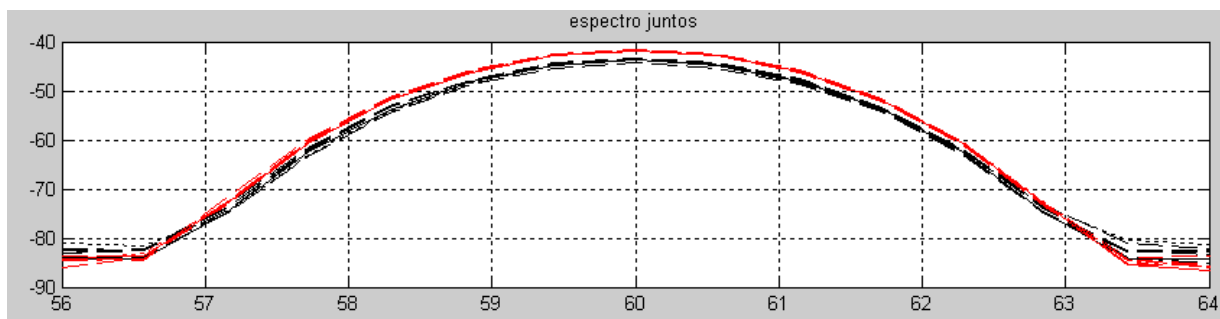
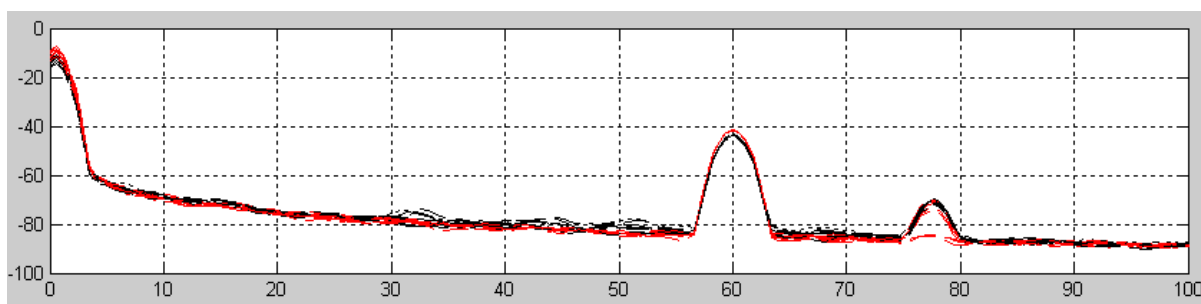


Existe diferencia en los niveles DC pero estas variables no sirven para clasificación entre los dos eventos.

ANALISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA:

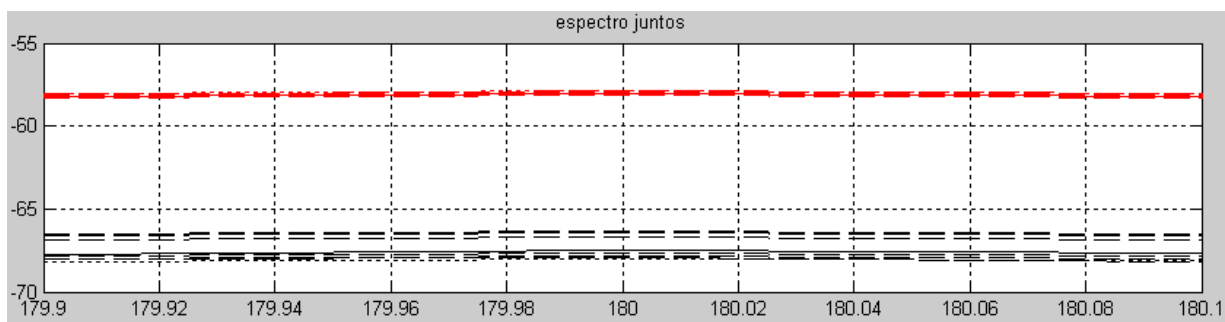
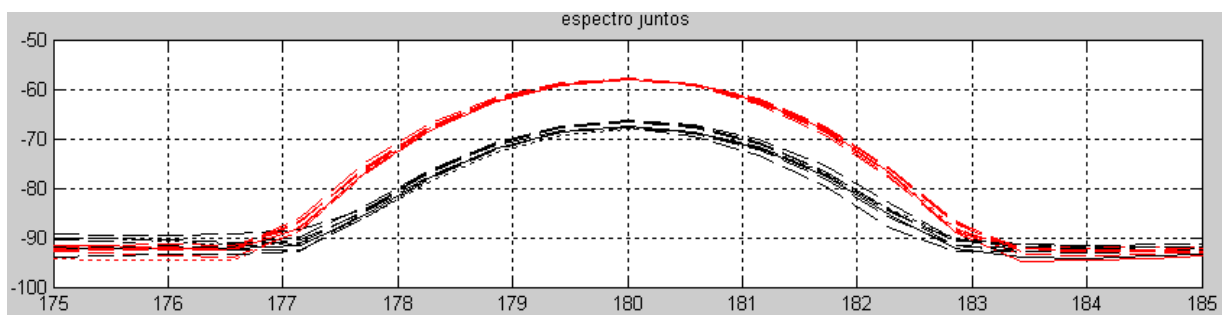
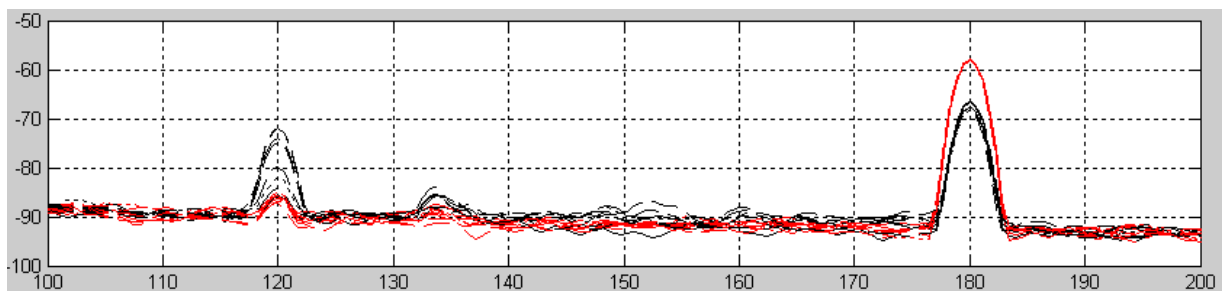


- Zona entre 0 y 100 Hz.



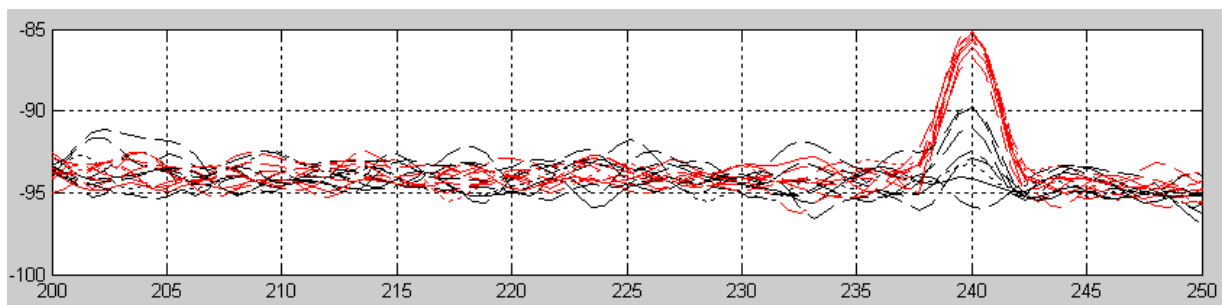
La diferencia en 60 Hz es de 1,4 dB por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

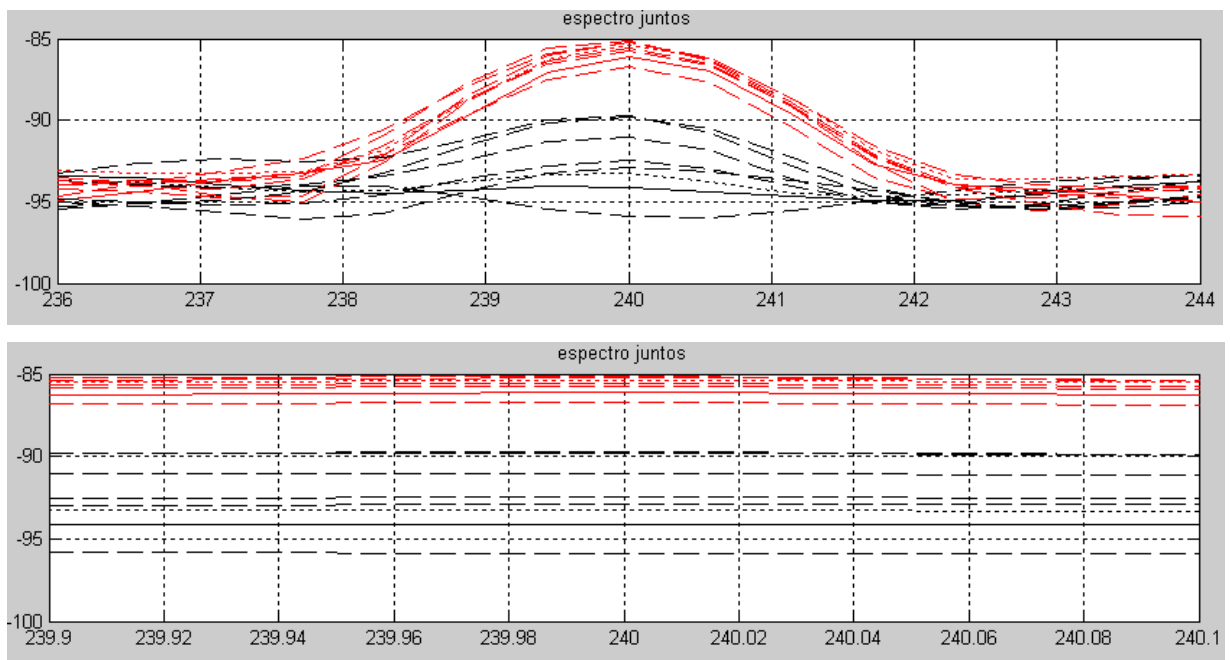
- Zona entre 100 y 200 Hz.



La diferencia en 180 Hz es de 7,85 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

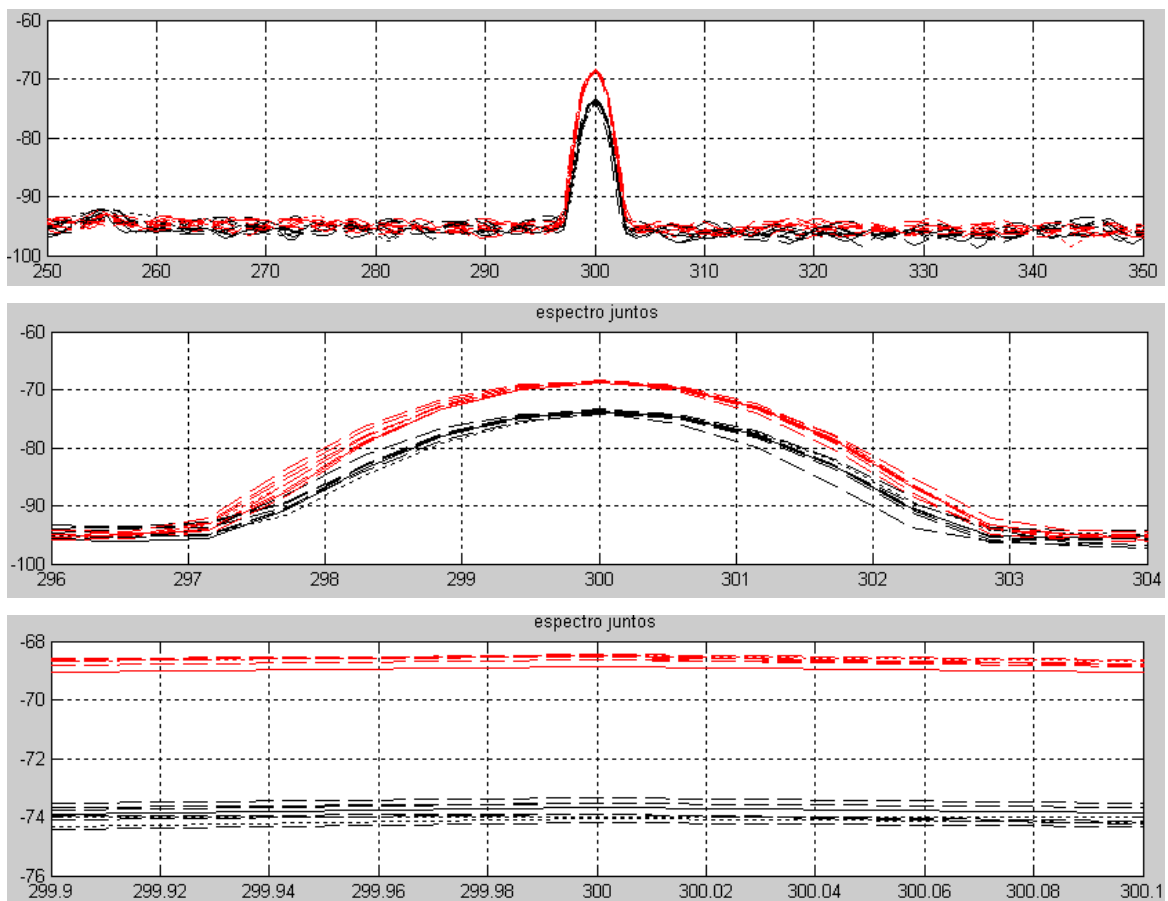
- Zona entre 200 y 250 Hz.





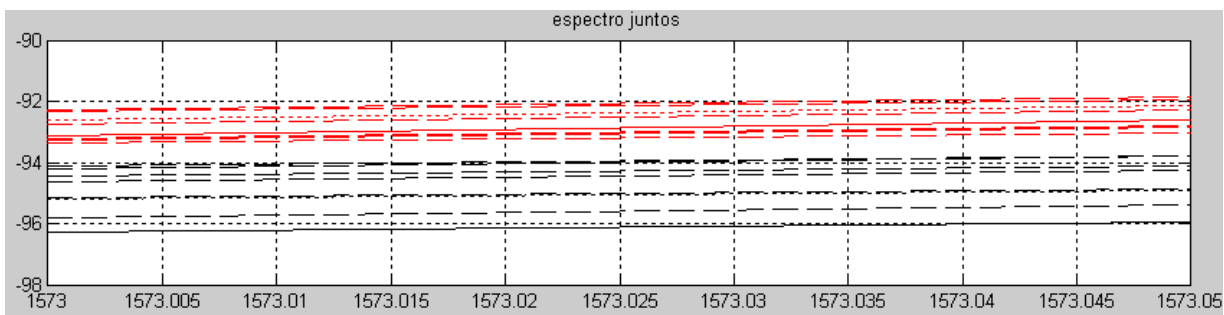
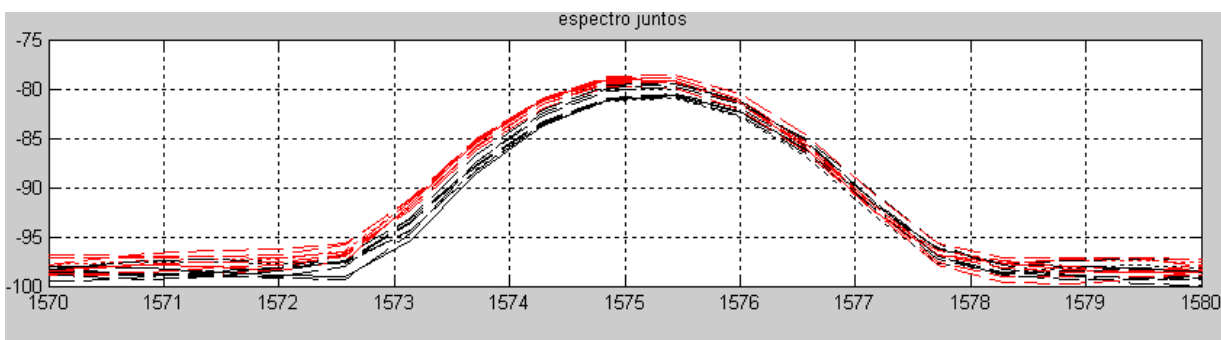
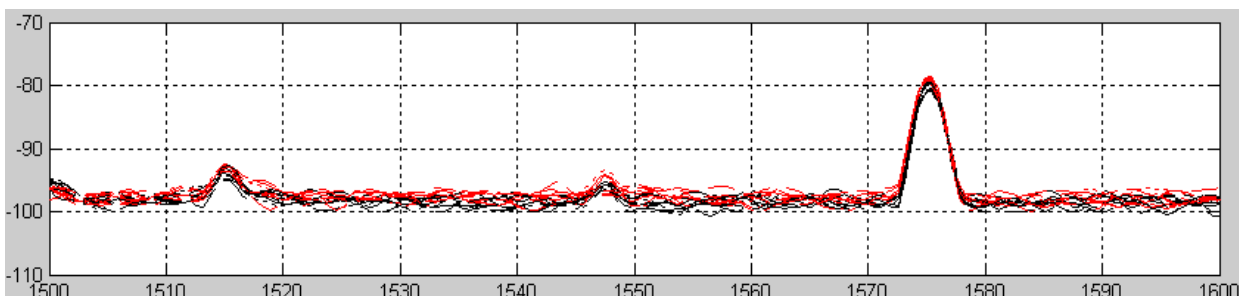
La diferencia en 240 Hz es de 3,07 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 250 y 350 Hz.



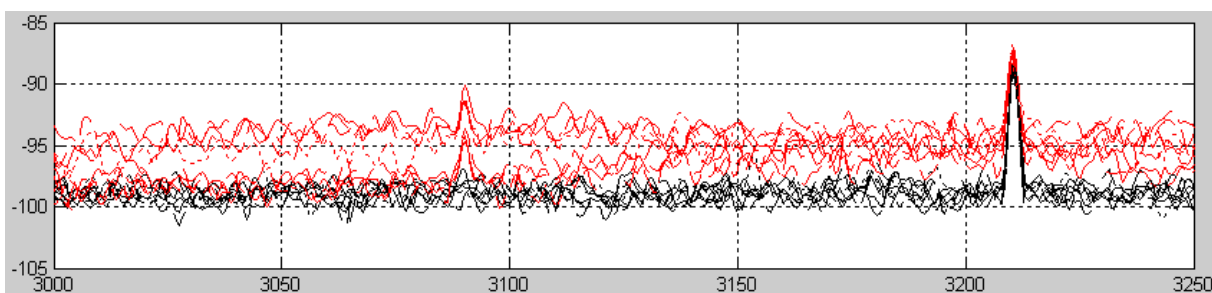
La diferencia en 300 Hz es de 4,4 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

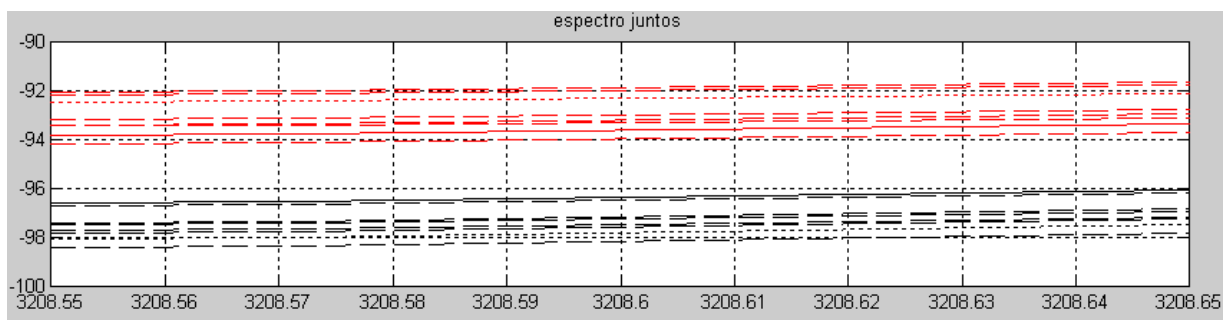
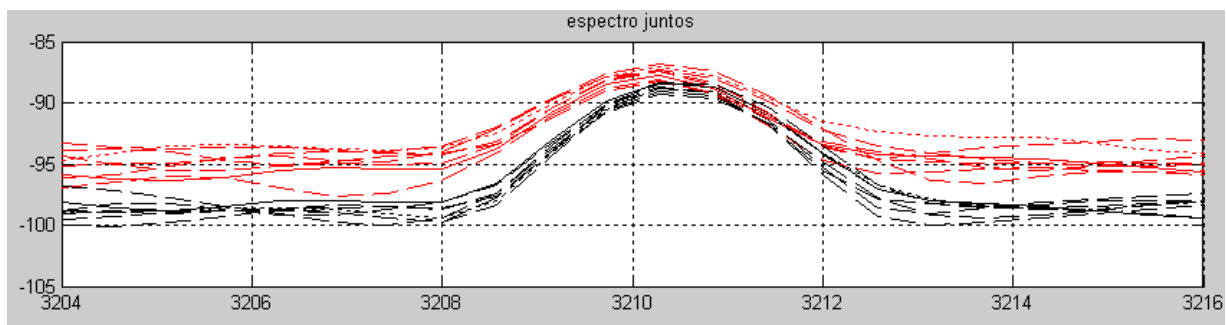
- Zona entre 1500 y 1600 Hz.



La diferencia en 1573,025 Hz es de 0,6 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

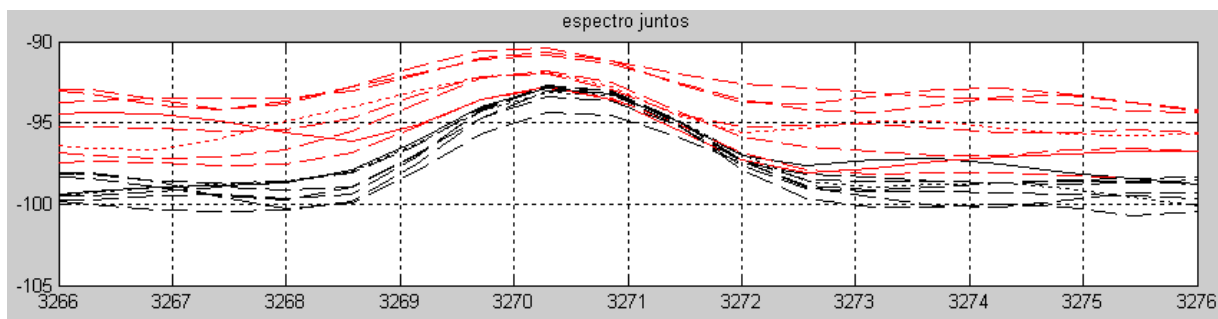
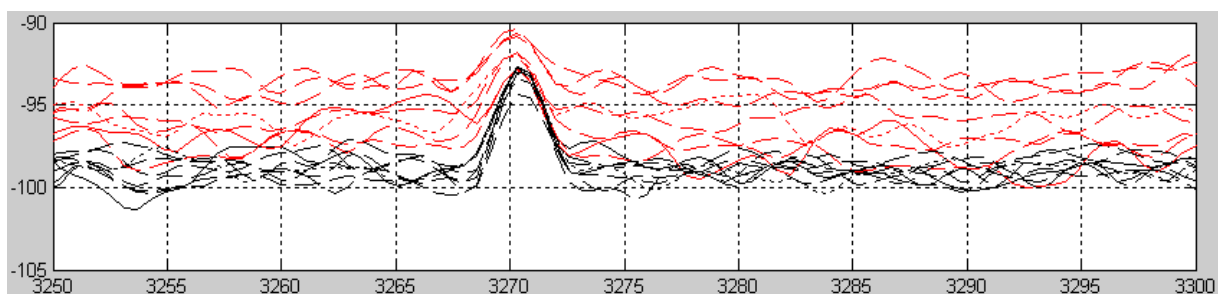
- Zona entre 3000 y 3250 Hz.

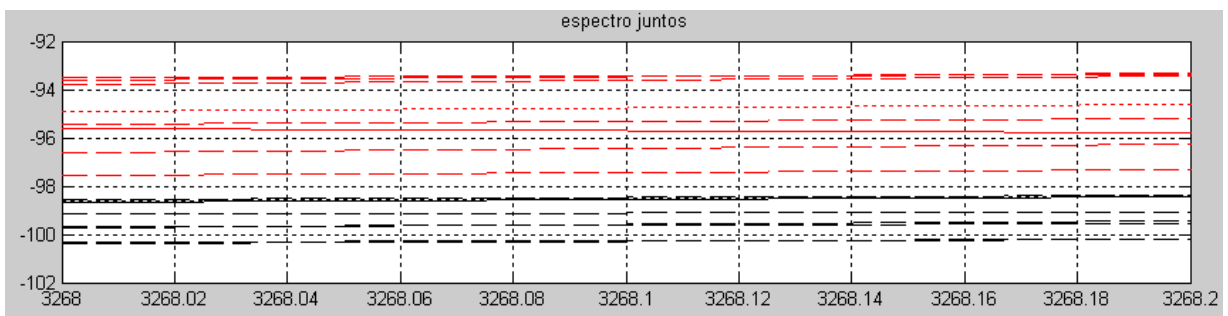




La diferencia en 3208,6 Hz es de 2,5 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

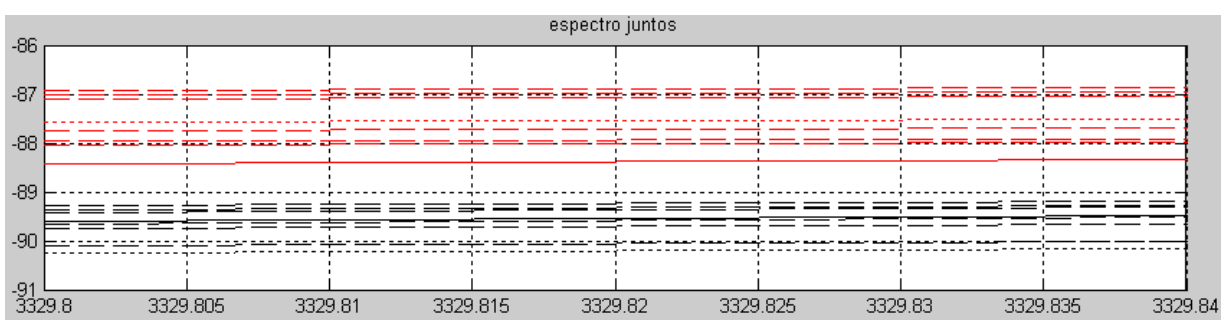
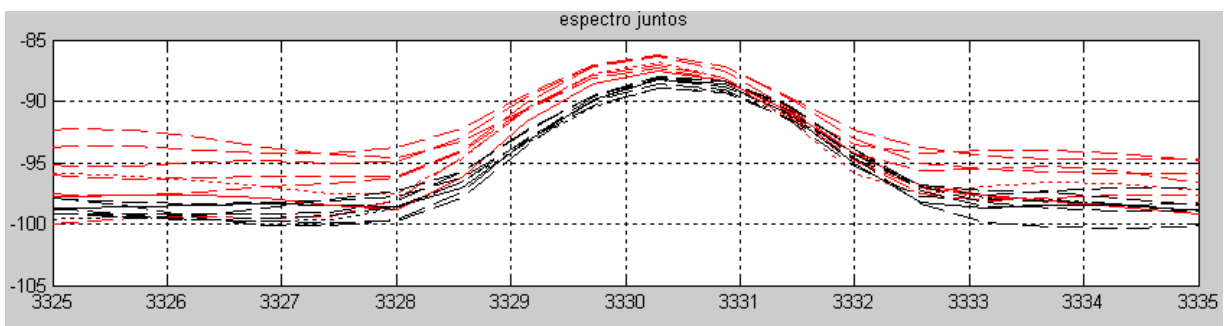
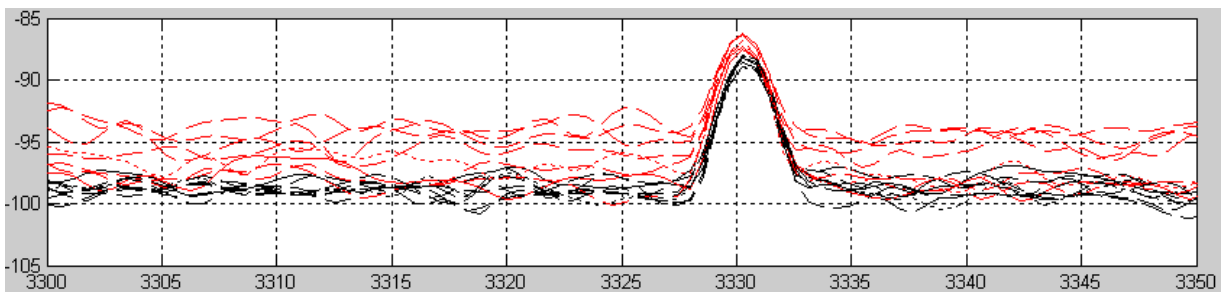
- Zona entre 3250 y 3300 Hz.





La diferencia en 3268,1 Hz es de 1 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 3300 y 3350 Hz.



La diferencia en 3329,82 Hz es de 0,75 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

f(Hz)	60	180	240	300	1573,025	3208,6	3268,1	3329,82
ΔU	1,4	7,85	3,07	4,4	0,6	2,5	1	0,75

La mejor zona encontrada para la clasificación es la de 180 Hz con 7,85 U de diferencia entre los dos eventos.

f) MUSICA RAP VERSUS AMBIENTE BASAL.

La prueba se inicio a las 15:01 PM y finalizo a las 15:06 PM.

RESULTADOS.

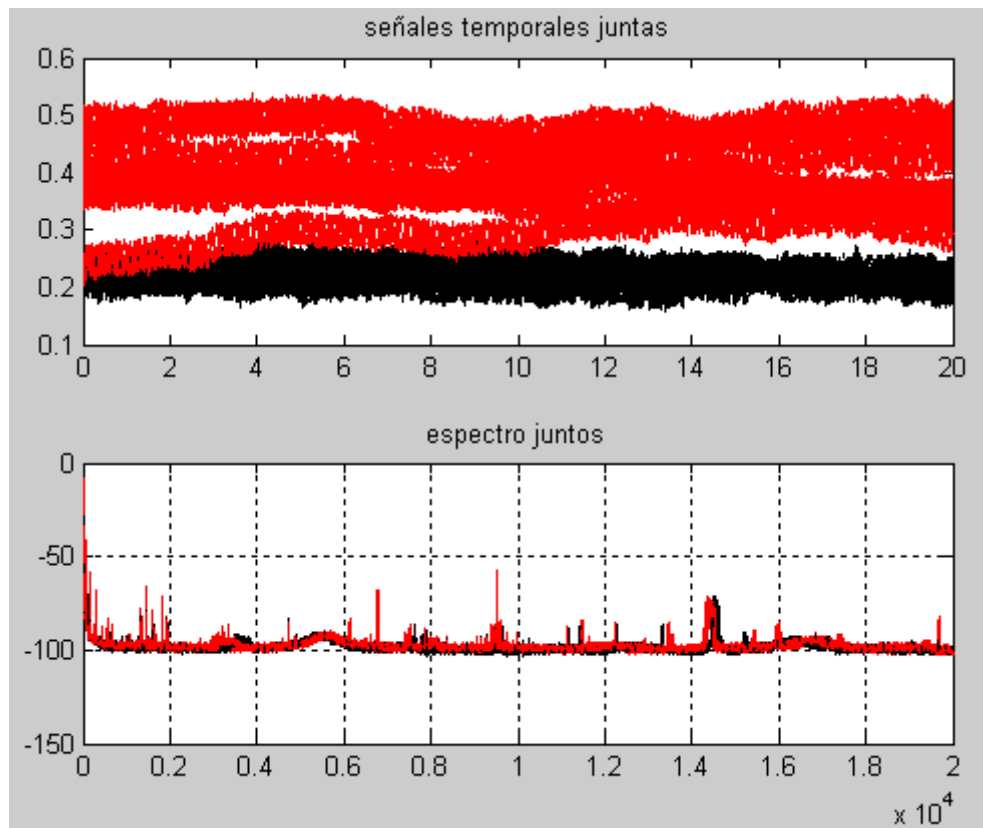
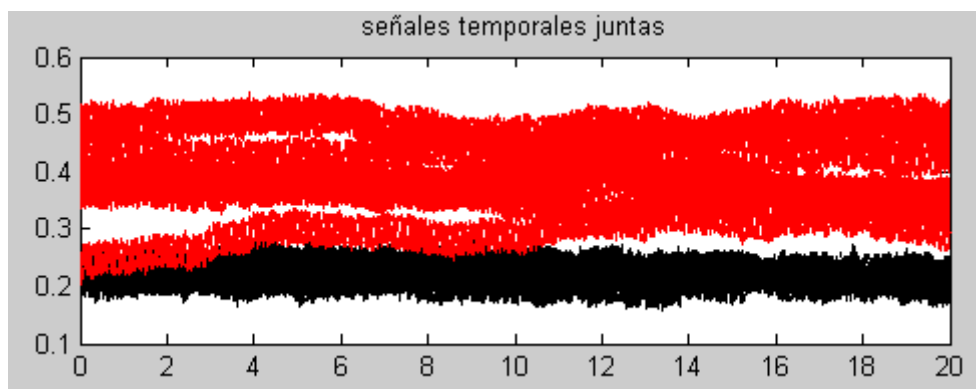


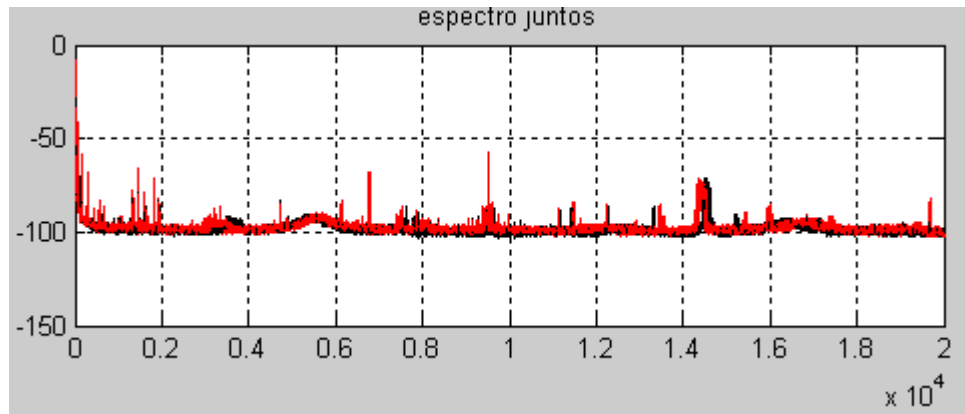
Figura 4-8.- Música rap versus ambiente basal.

ANALISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO:

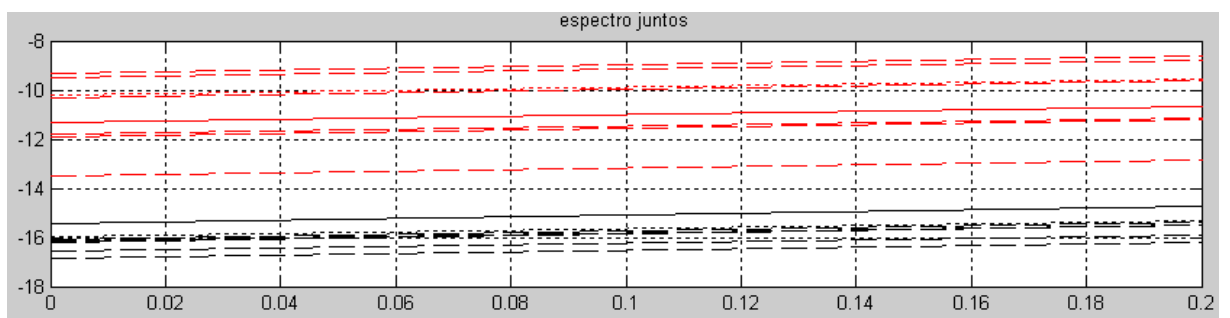
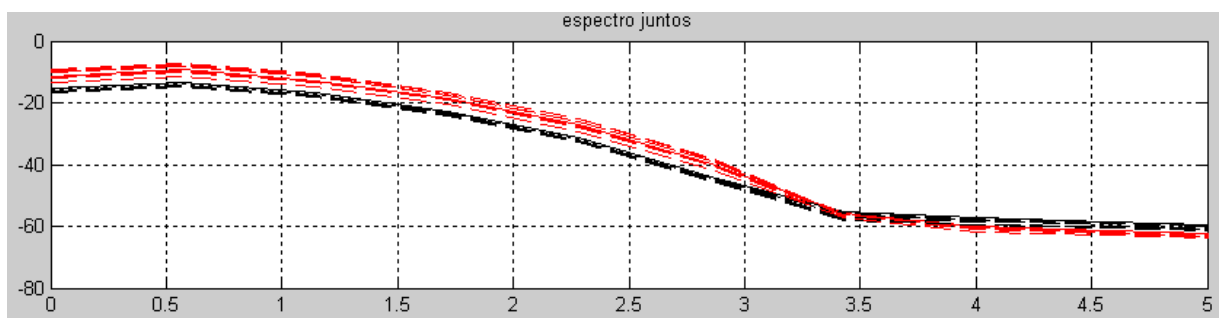
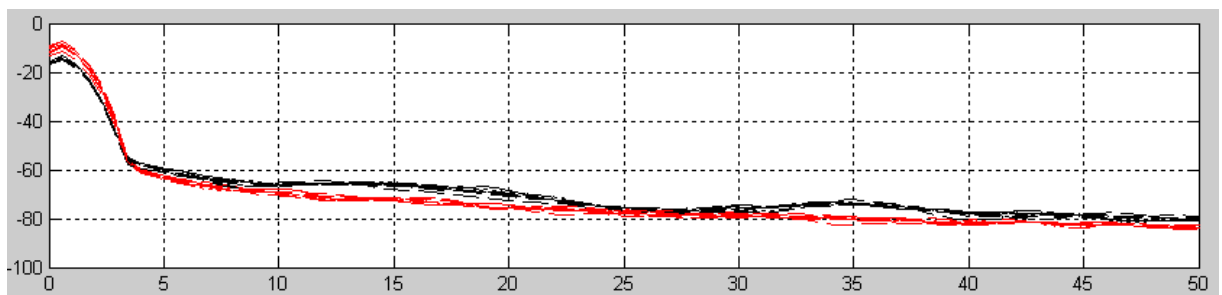


Existe diferencia en los niveles DC pero estas variables no sirven para clasificación entre los dos eventos.

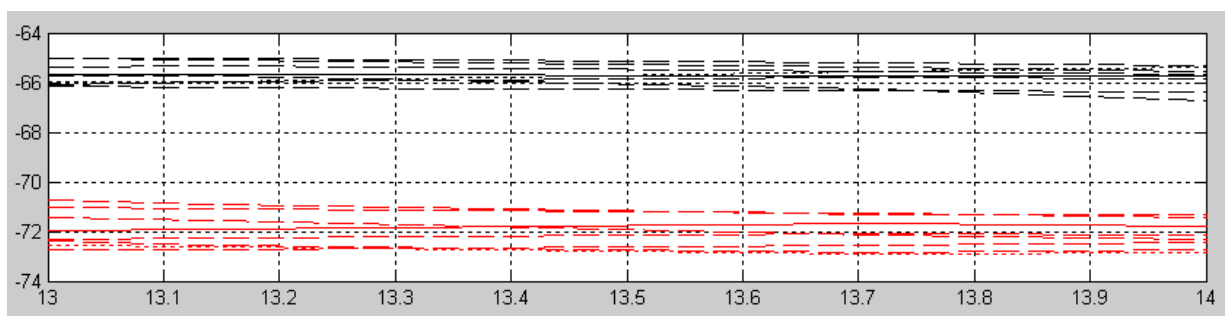
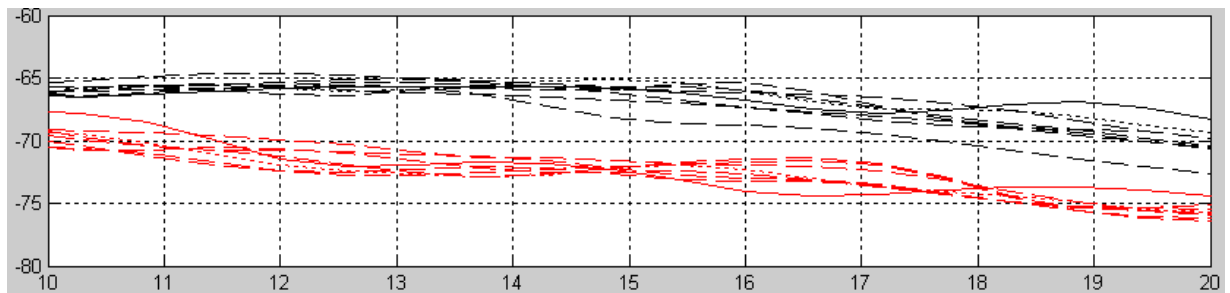
ANALISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA:



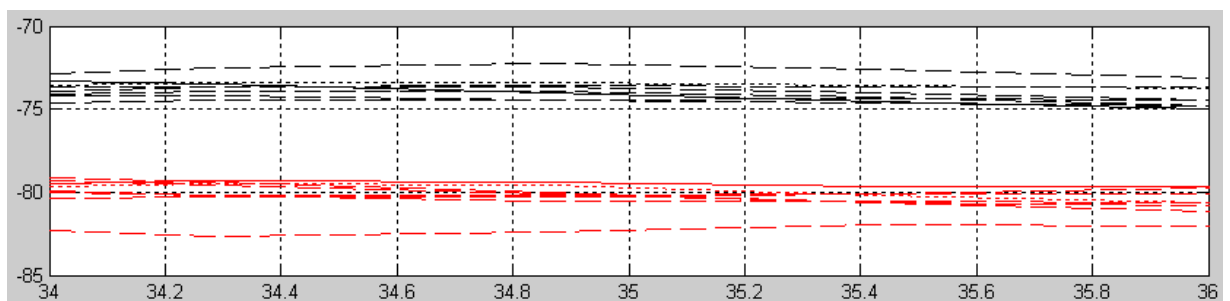
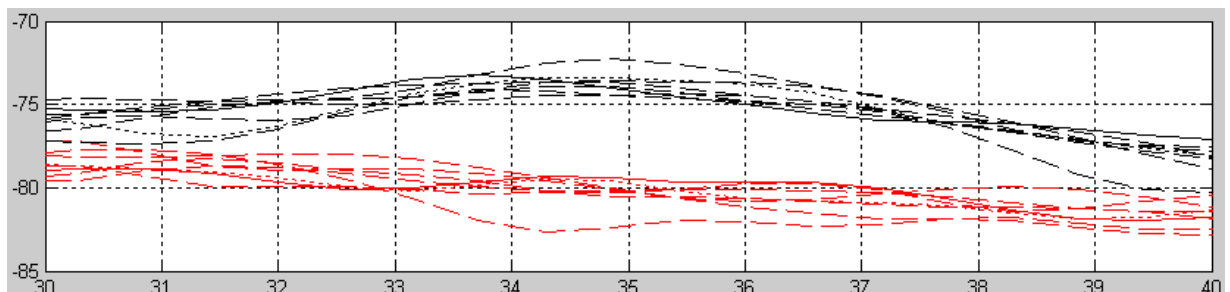
- Zona entre 0 y 50 Hz.



La diferencia en 0,1 Hz es de 1,75 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

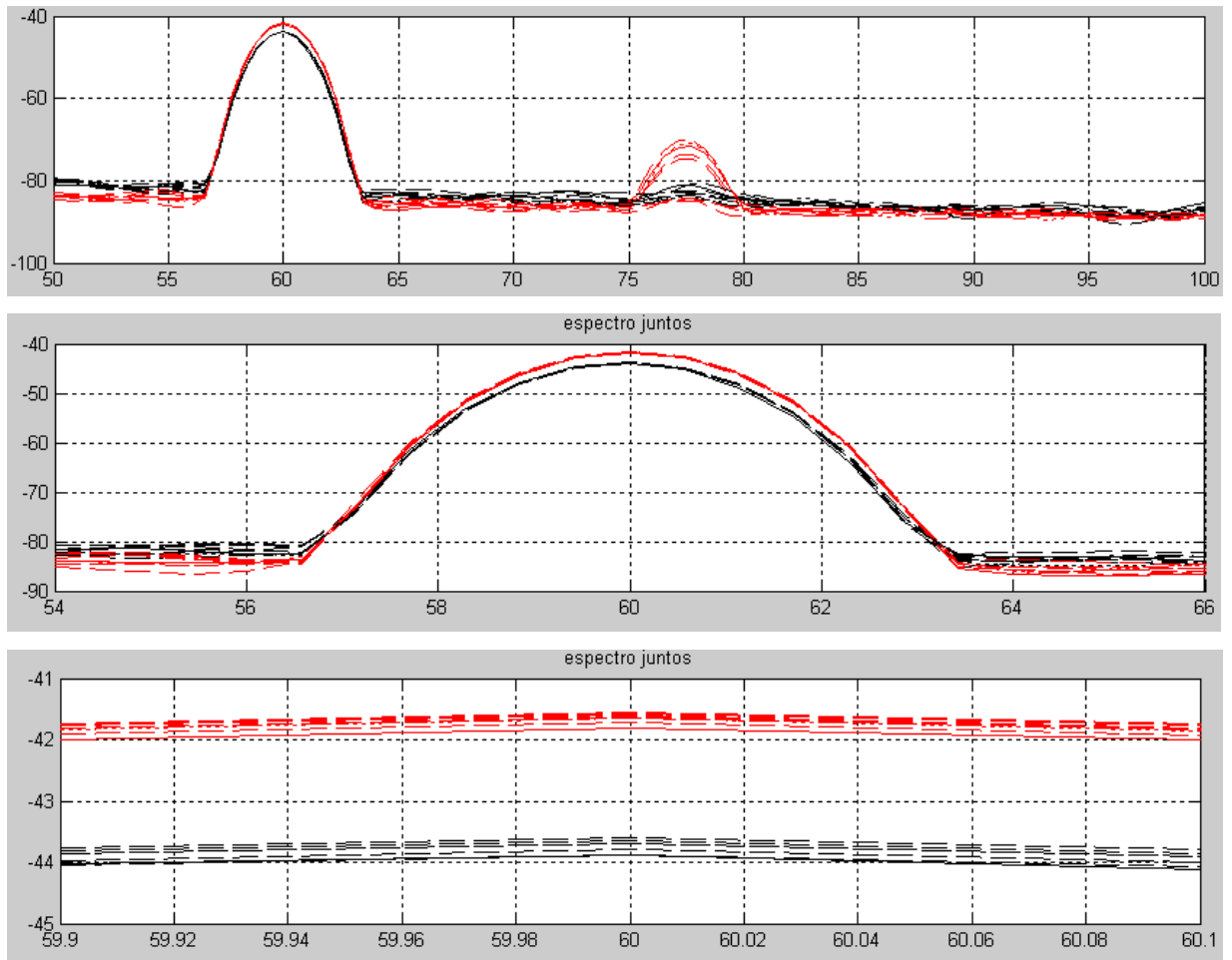


La diferencia en 13.5 Hz es de 4,75 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.



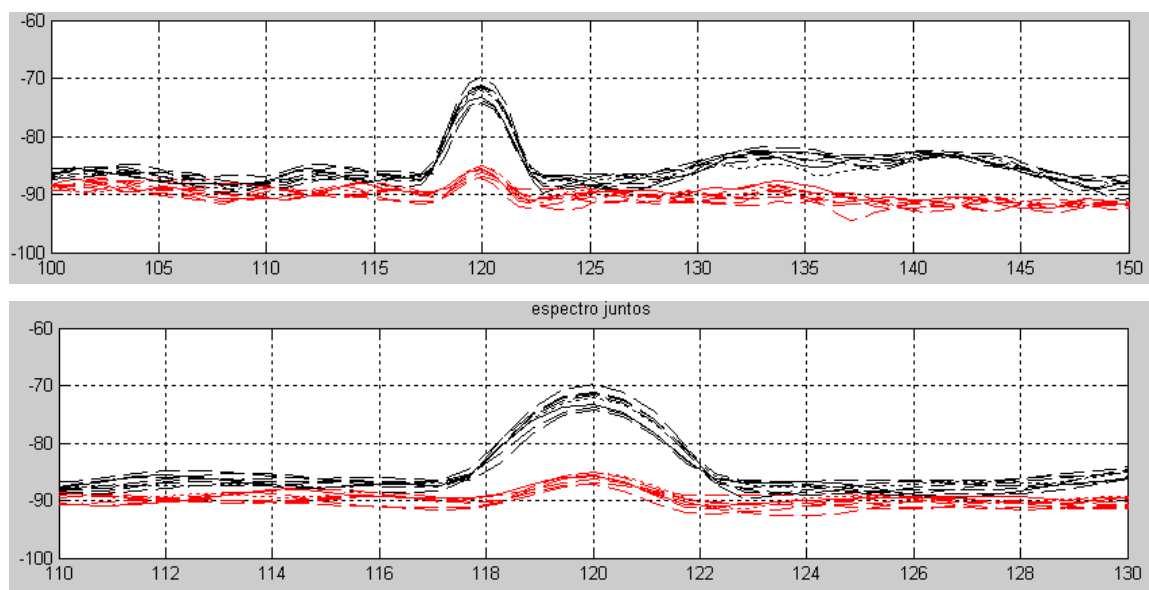
La diferencia en 35 Hz es de 4,6 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

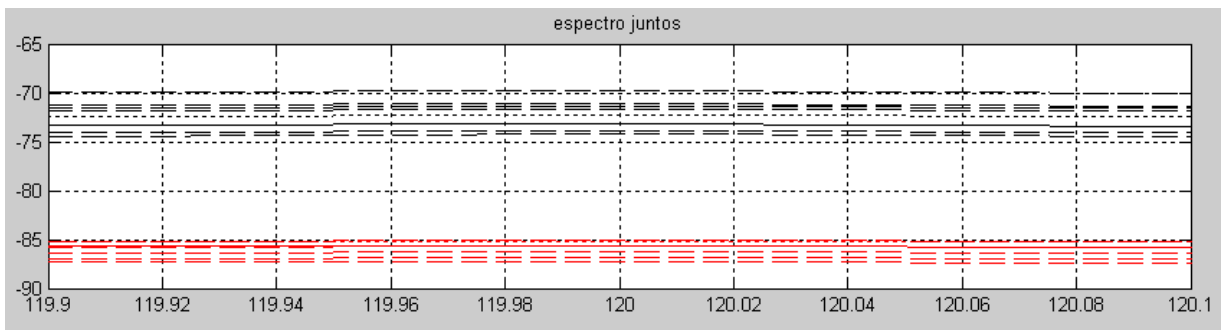
- Zona entre 50 y 100 Hz.



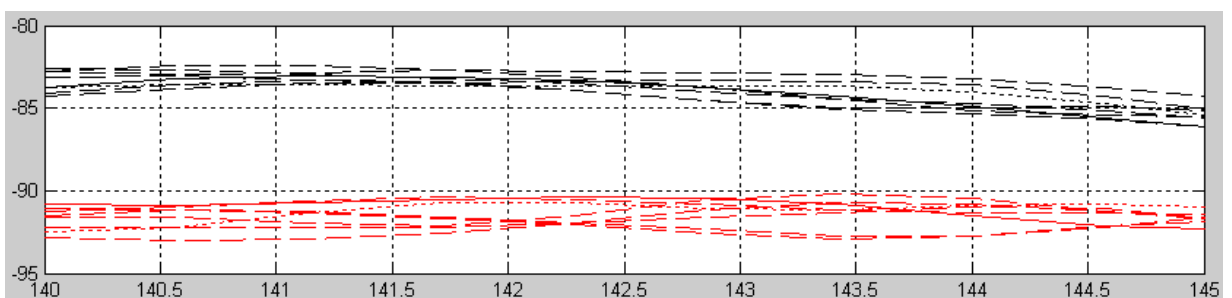
La diferencia en 60 Hz es de 1,7 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 100 y 150 Hz.



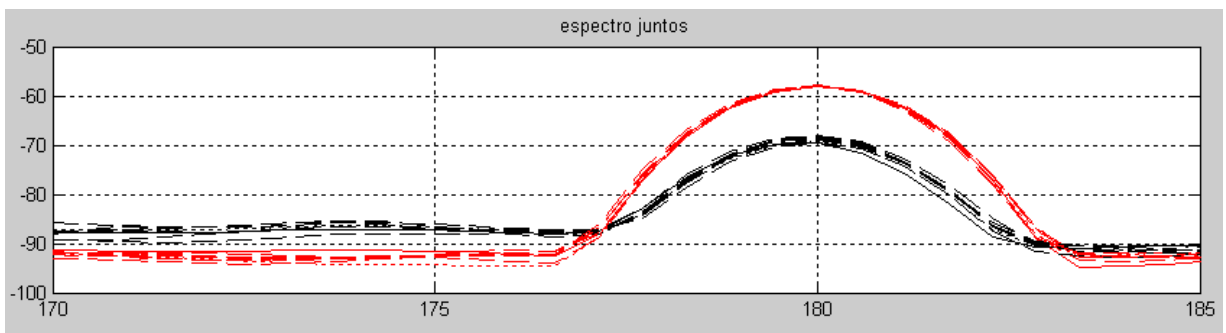
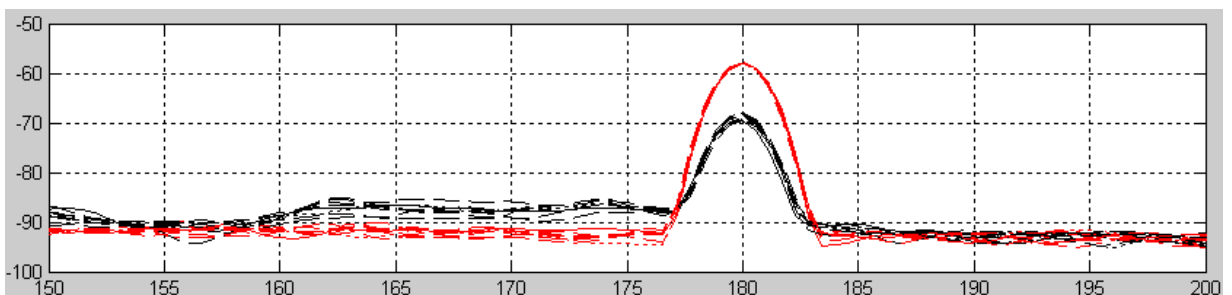


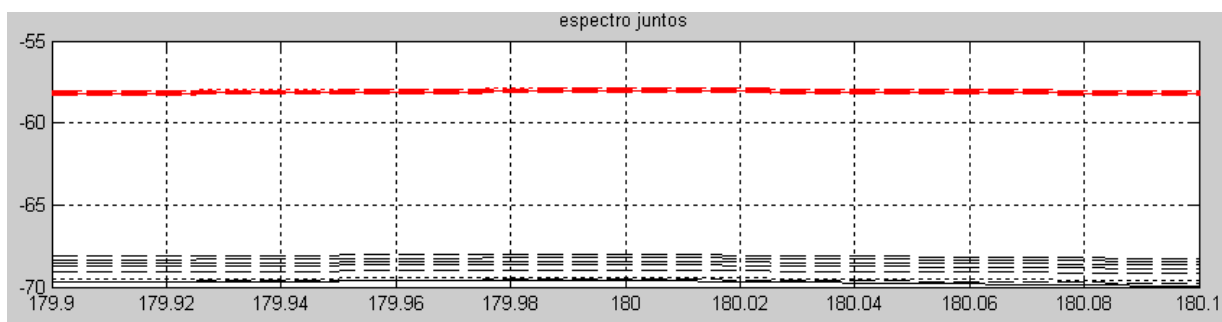
La diferencia en 120 Hz es de 10 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.



La diferencia en 142 Hz es de 5.38 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

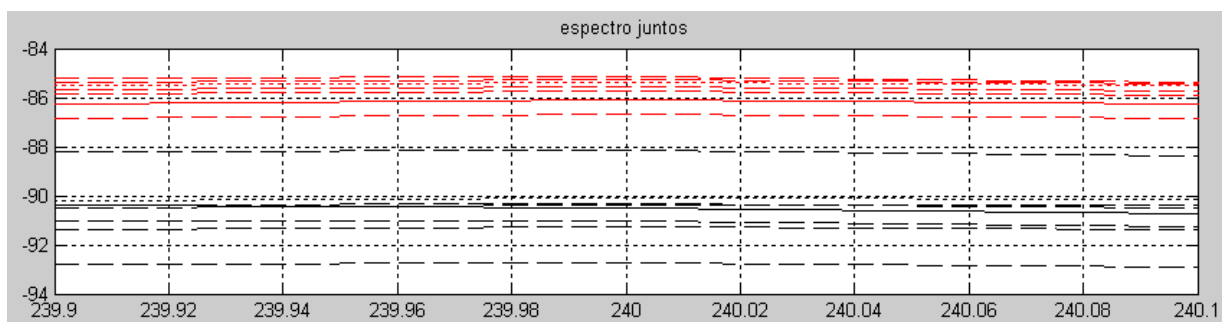
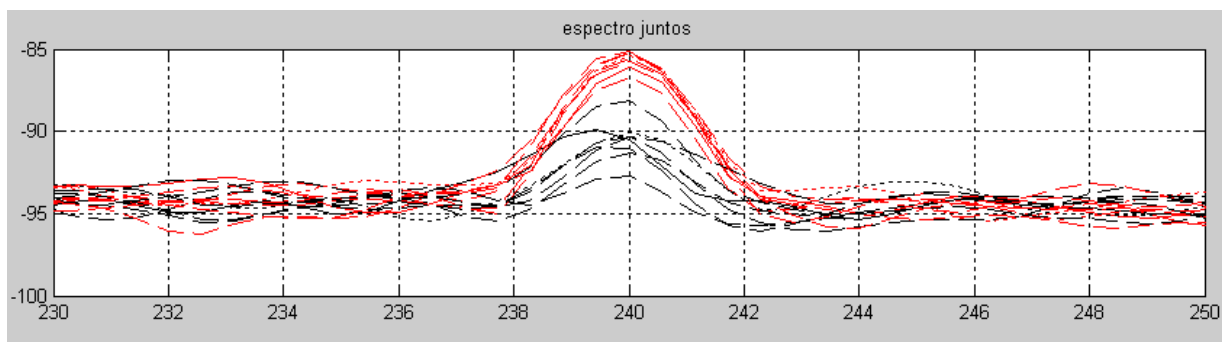
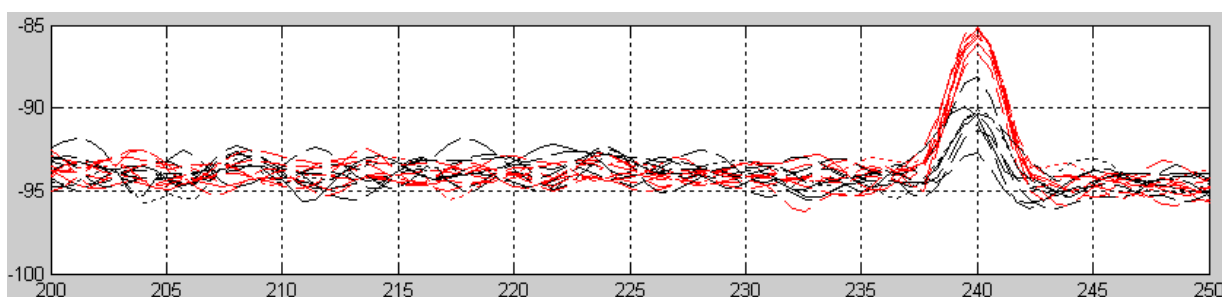
- Zona entre 150 y 200 Hz.





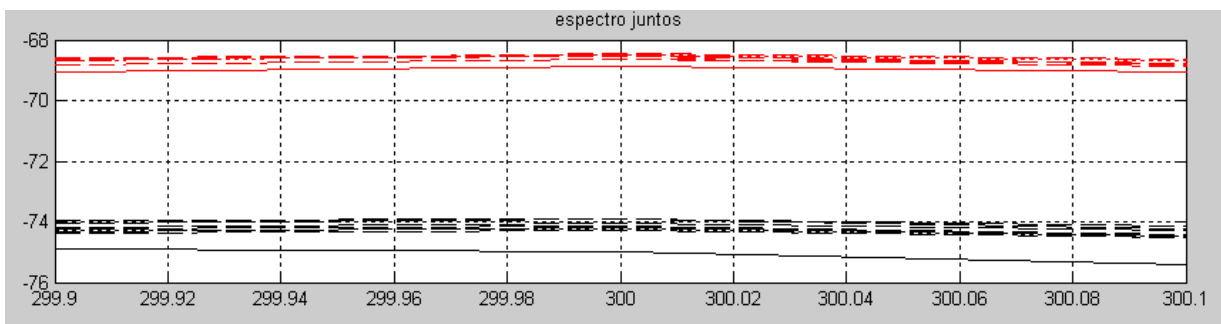
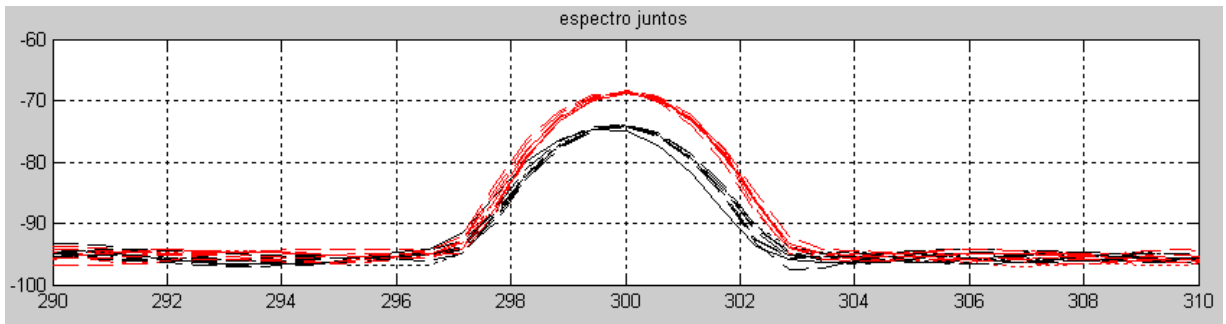
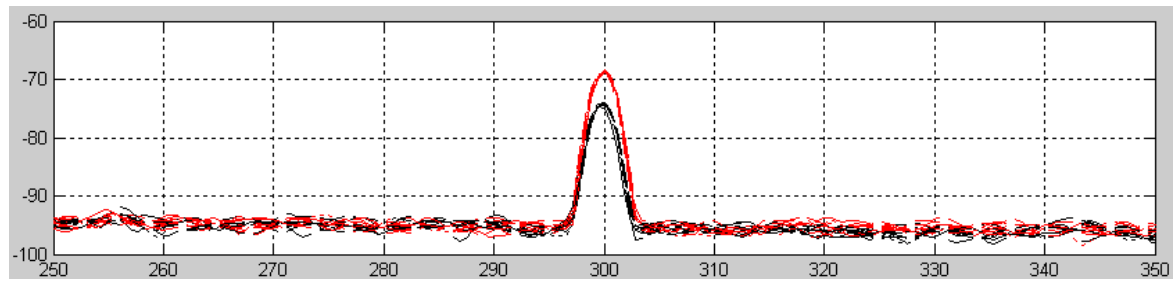
La diferencia en 180 Hz es de 10 dB por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 200 Hz y 250 Hz.



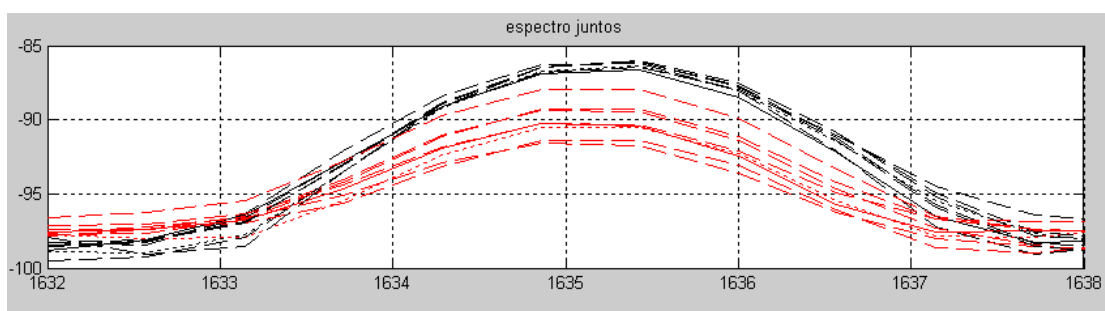
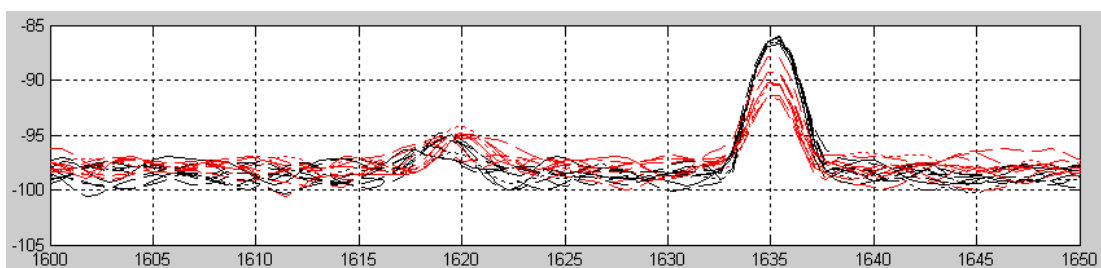
La diferencia en 240 Hz es de 1,25 dB por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

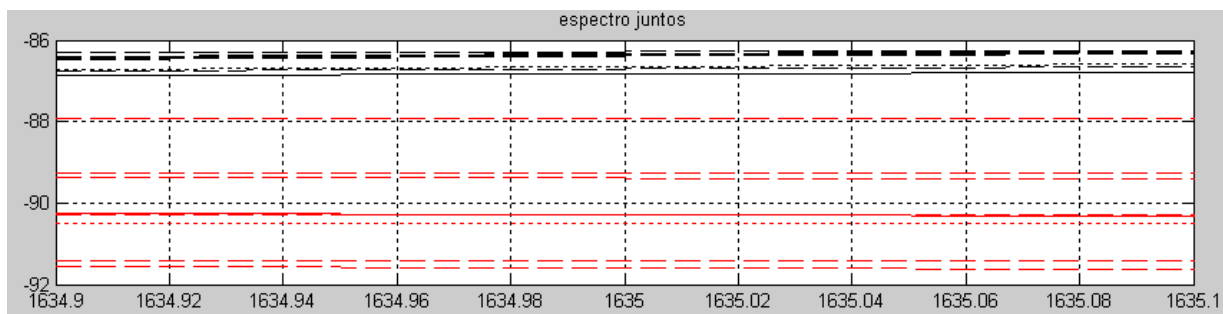
- Zona entre 250 y 350 Hz.



La diferencia en 300 Hz es de 5 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

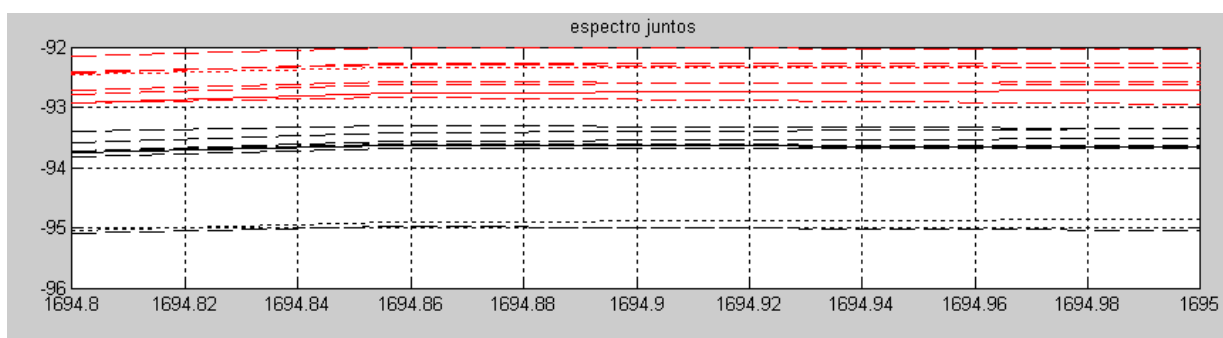
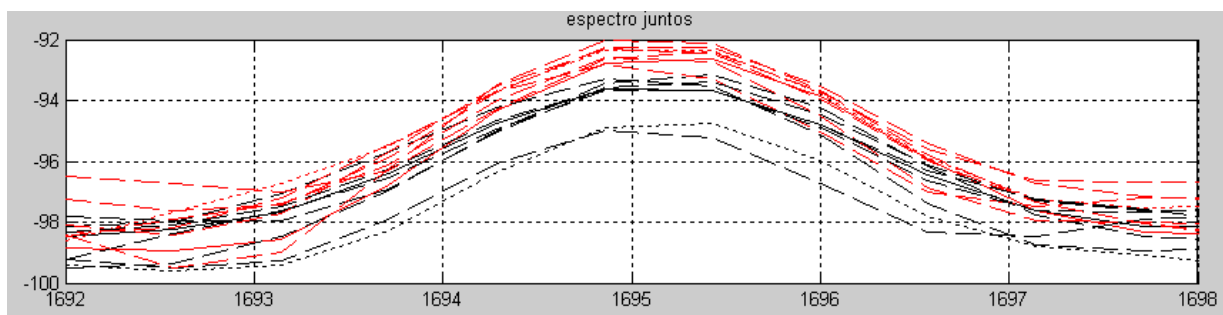
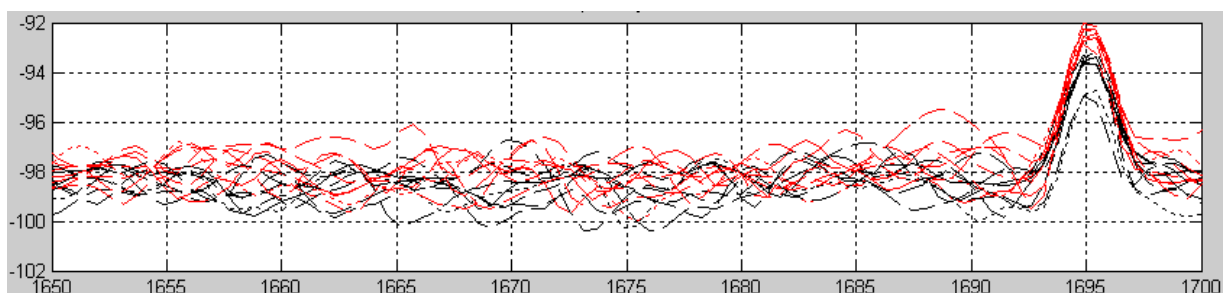
- Zona entre 1600 y 1650 Hz.





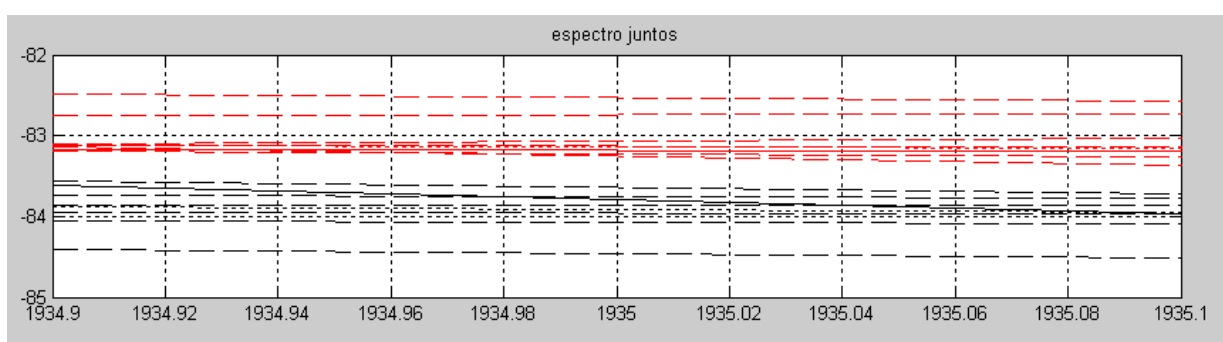
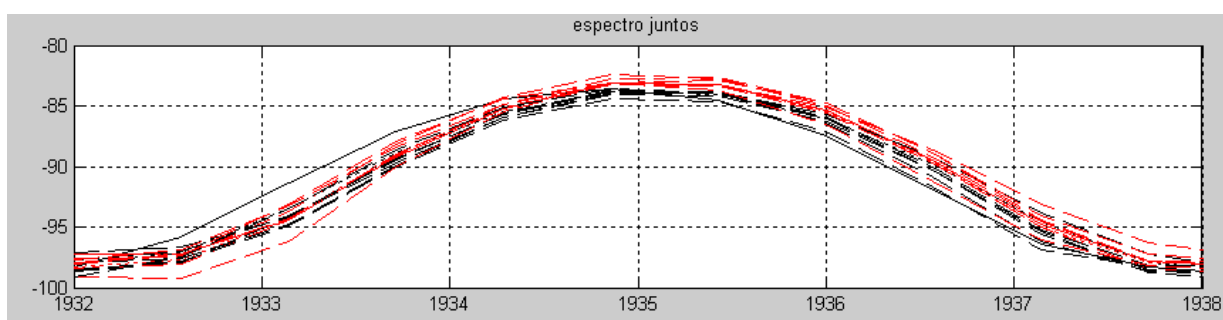
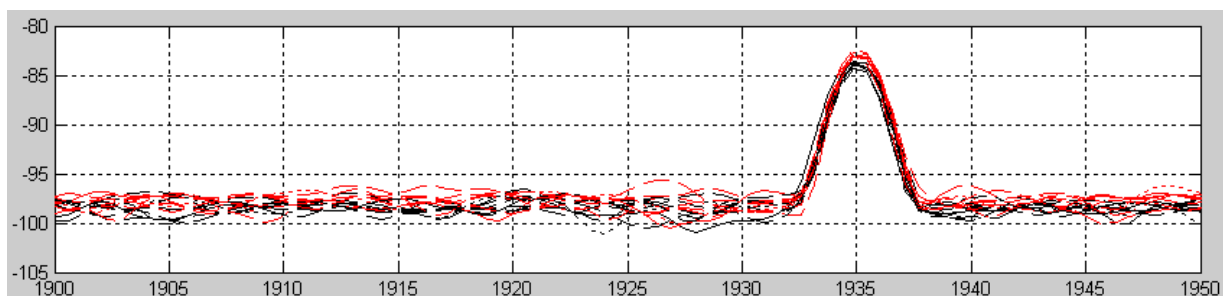
La diferencia en 1635 Hz es de 1 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 1650 y 1700 Hz.



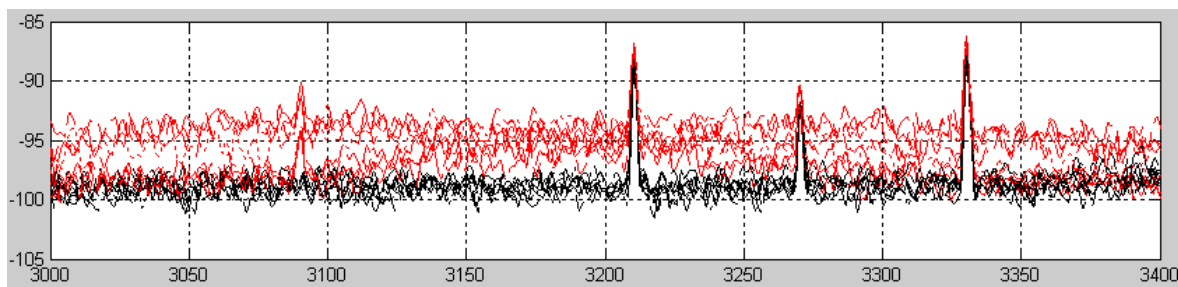
La diferencia en 1694.9 Hz es de 0,4 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

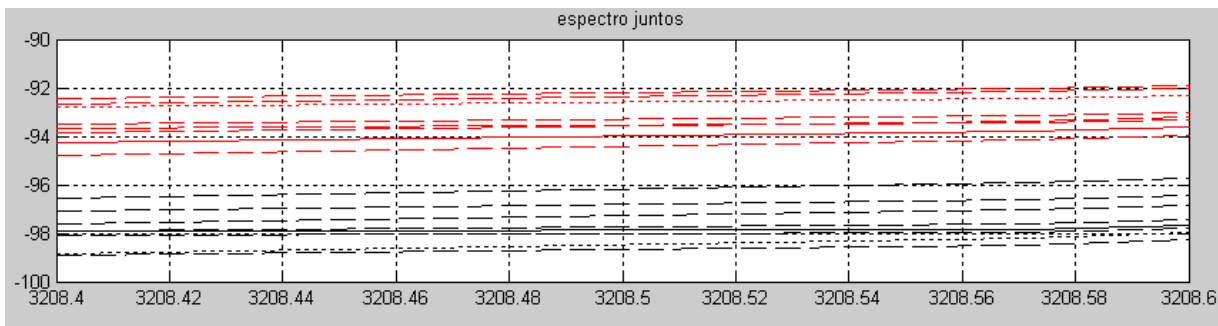
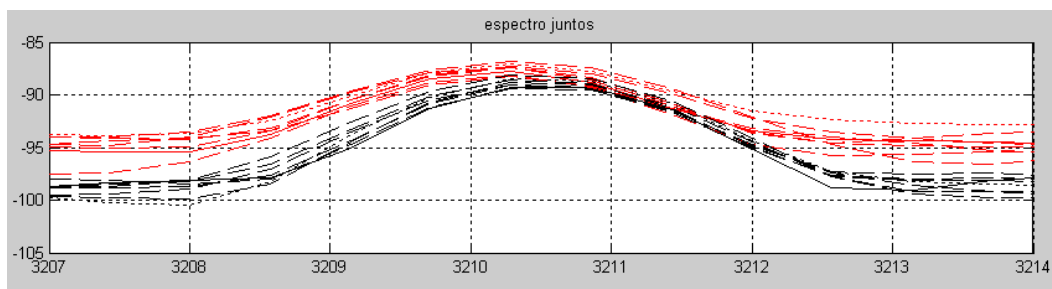
- Zona entre 1900 y 1950 Hz.



La diferencia en 1935 Hz es de 0,28 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

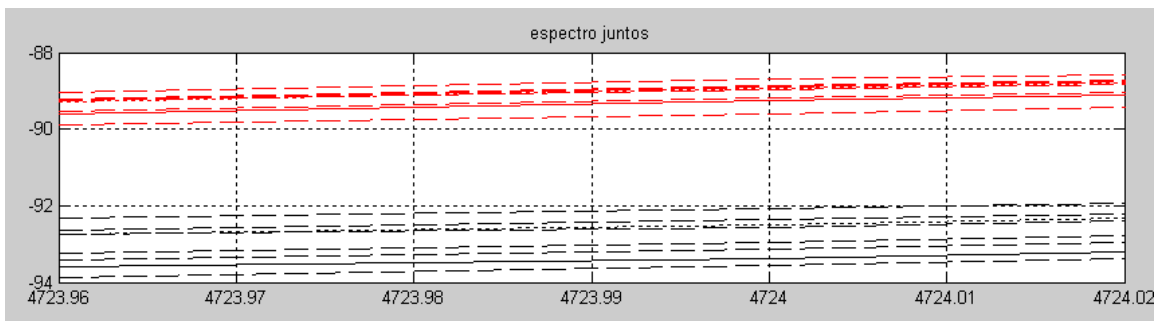
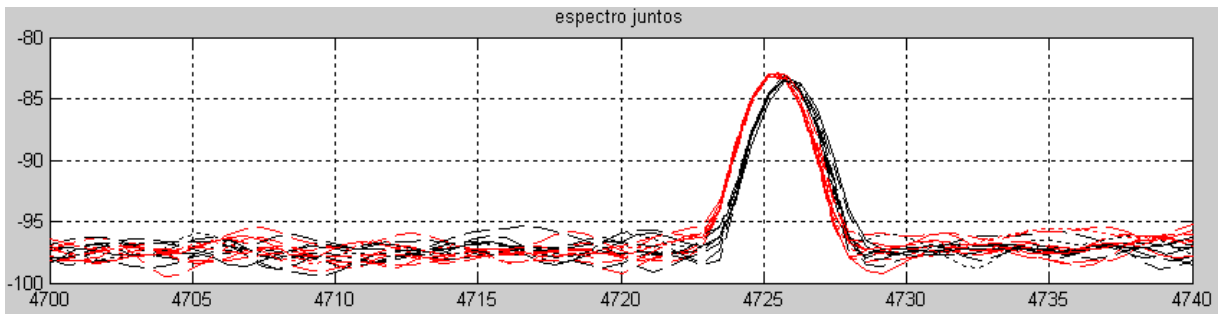
- Zona entre 3000 y 3400 Hz.





La diferencia en 3208.5 Hz es de 1,75 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 4700 y 4740 Hz.



La diferencia en 4723,99 Hz es de 2,4 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

f(Hz)	0,1	14	35	60	120	142	180	240	300	1635	1695	1935	3208,5	3723,99
ΔU	1,75	4,8	4,6	1,7	10	5,4	10	1,3	5	1	0,4	0,28	1,75	2,4

Las mejores zonas encontradas para la clasificación es la de 120 y 180 Hz con 10 U de diferencia entre los dos eventos.

g) ACUSTICA DE GUITARRA VERSUS AMBIENTE BASAL.

La prueba se inicio a las 15:33 PM y finalizo a las 15:38 PM.

RESULTADOS.

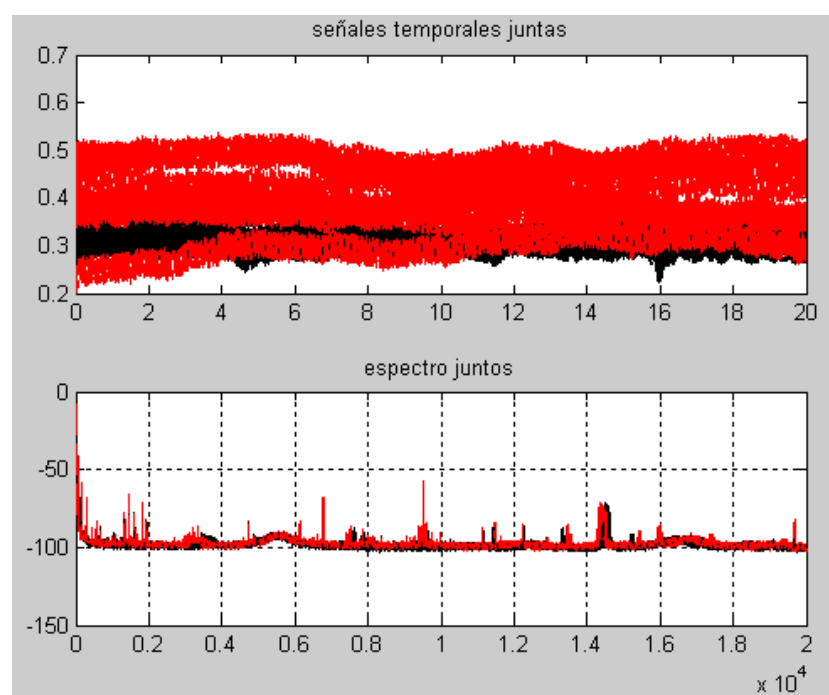
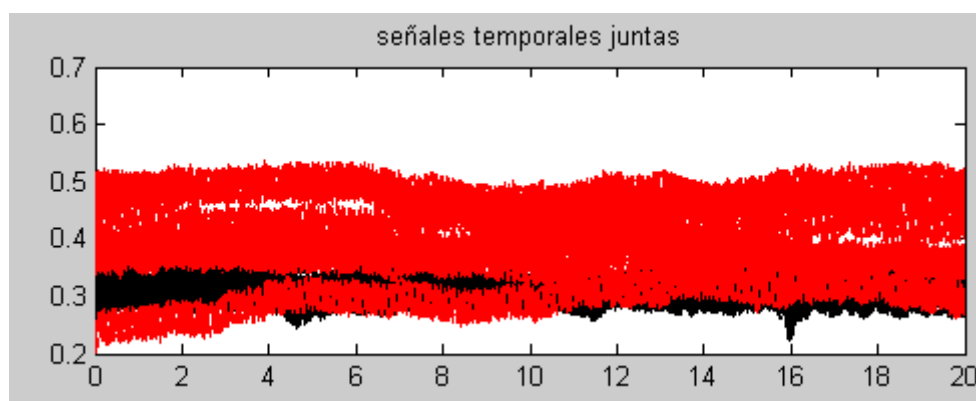


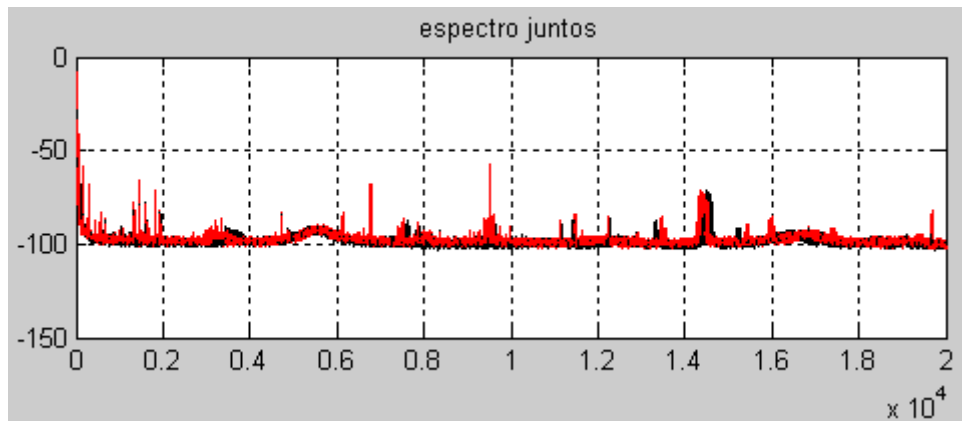
Figura 4-9.- Acústica de guitarra versus ambiente basal.

ANALISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO:

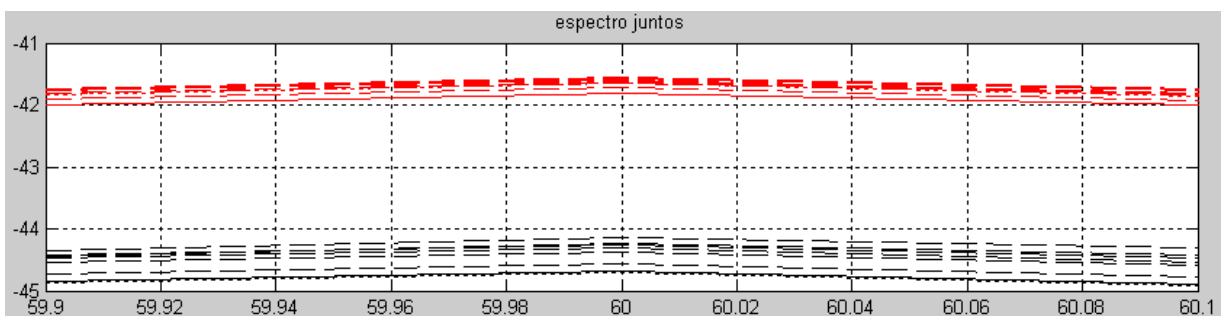
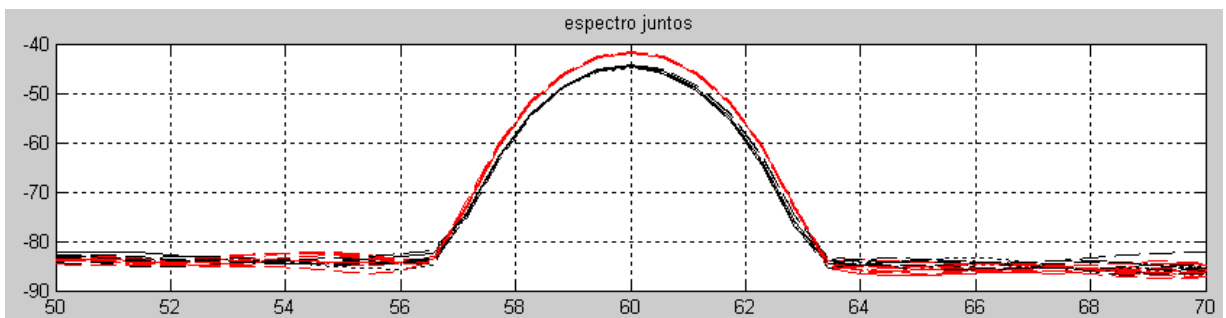
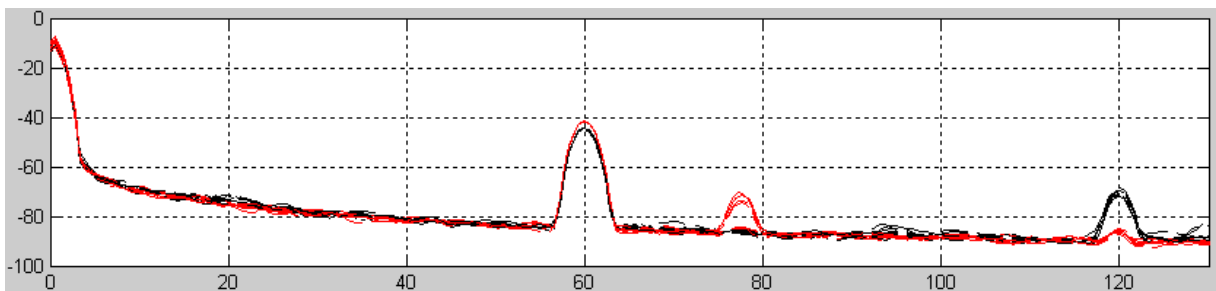


Existe diferencia en los niveles DC pero estas variables no sirven para clasificación entre los dos eventos.

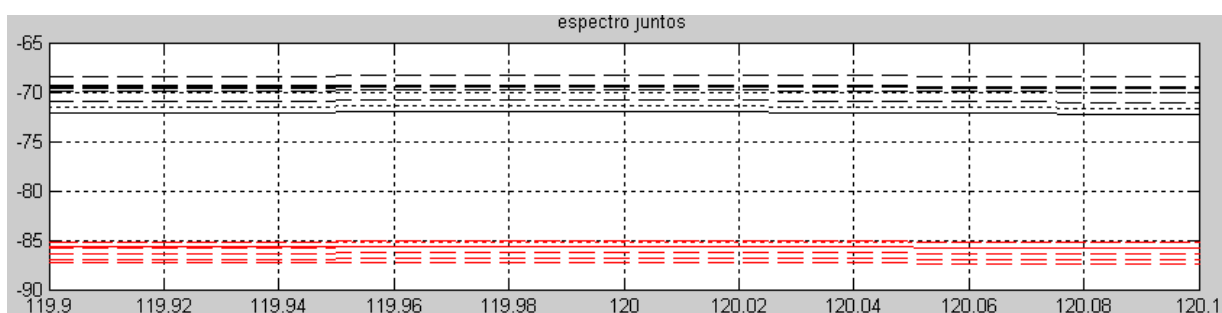
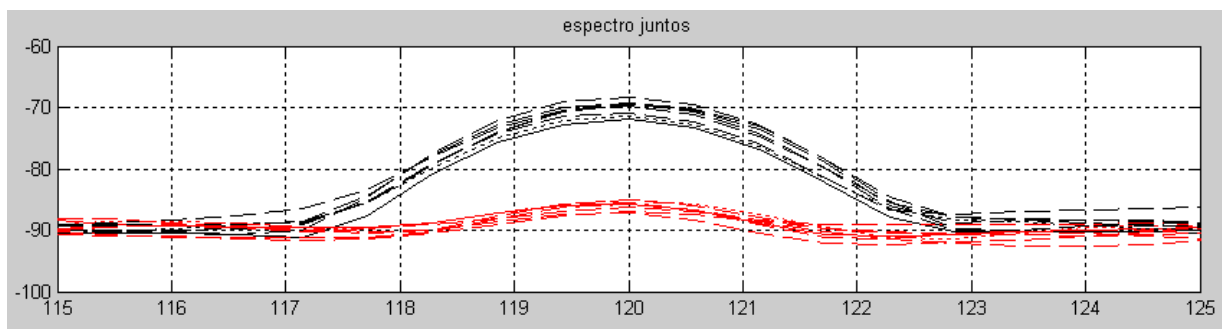
ANALISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA:



- Zona entre 0 y 130Hz.

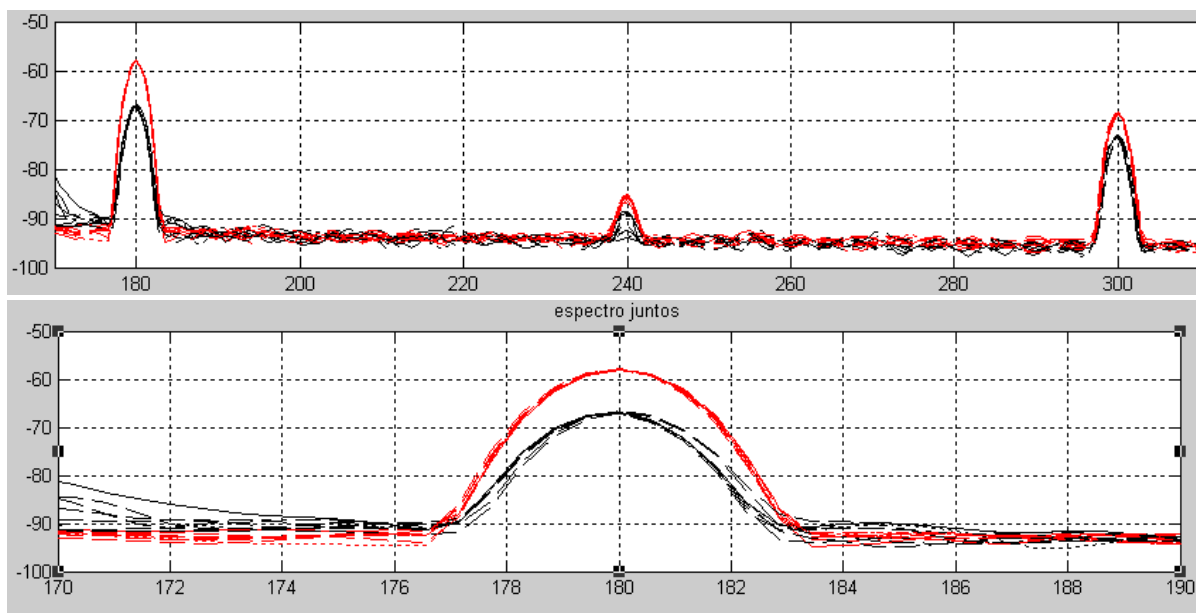


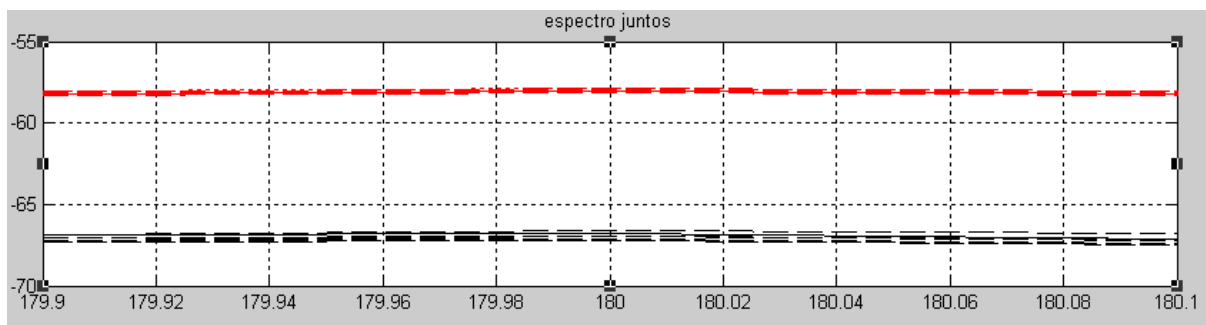
La diferencia en 60 Hz es de 2,3 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.



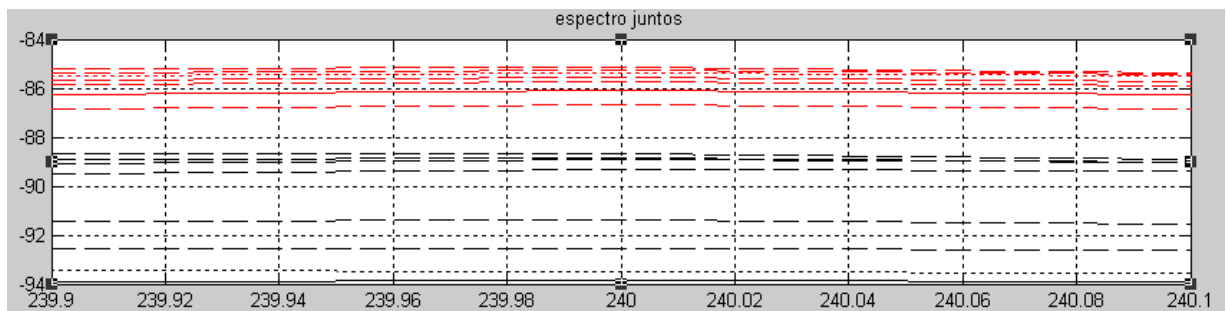
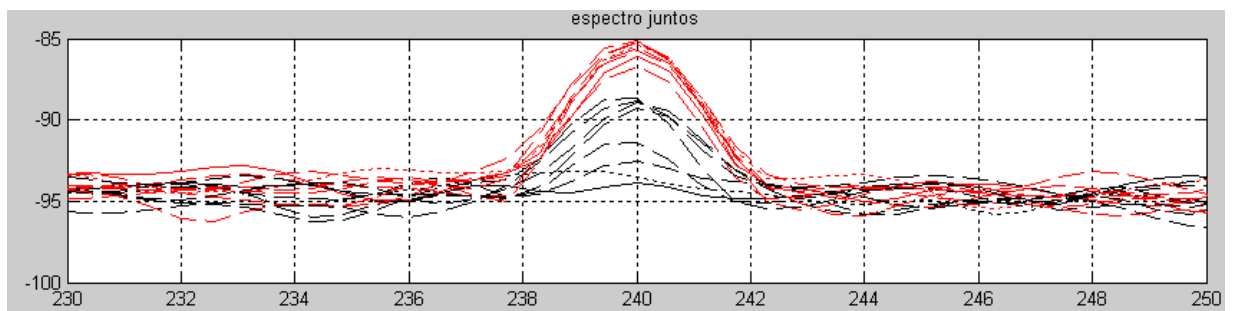
La diferencia en 60 Hz es de 13,1 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 170 y 310 Hz.

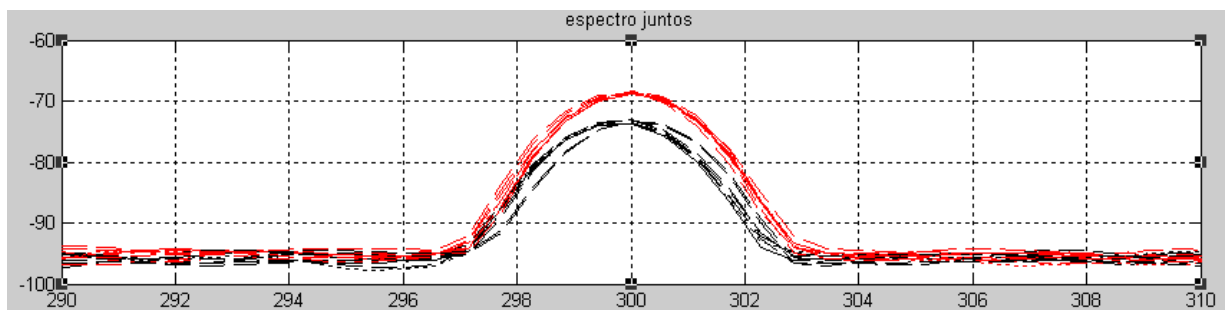


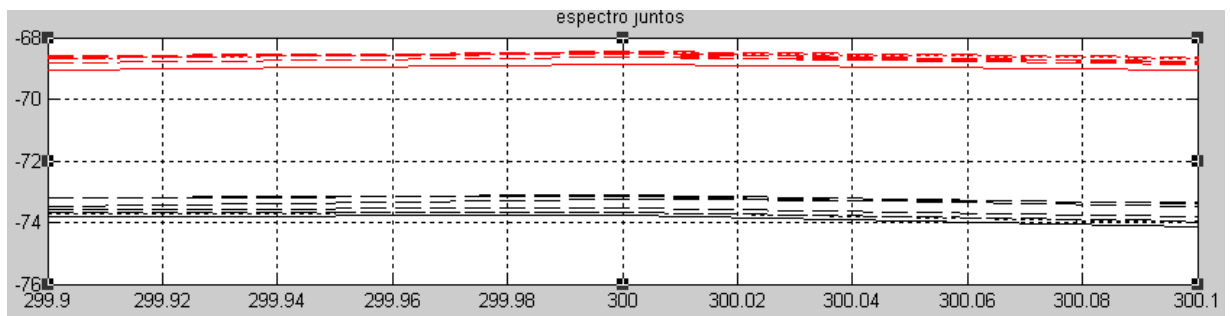


La diferencia en 180 Hz es de 8,21 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.



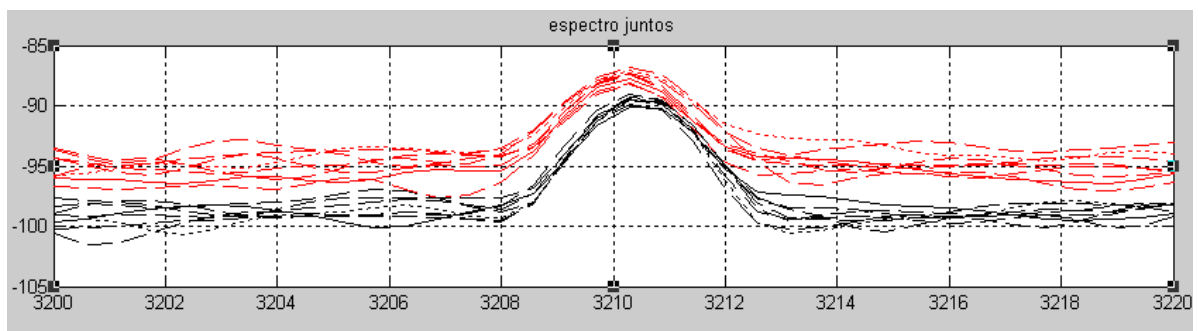
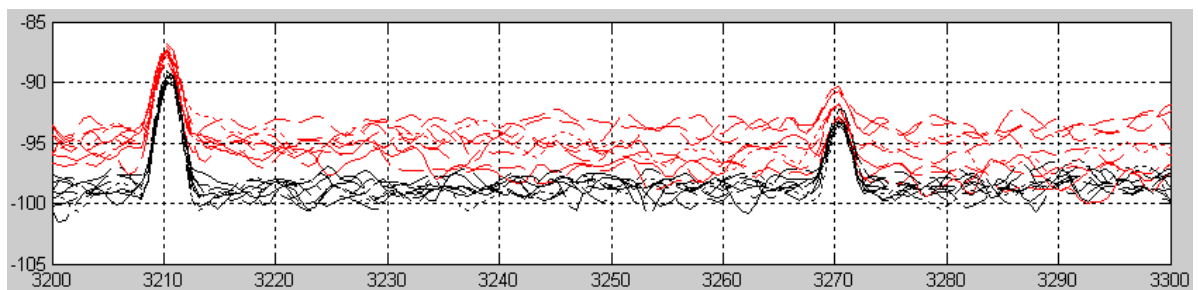
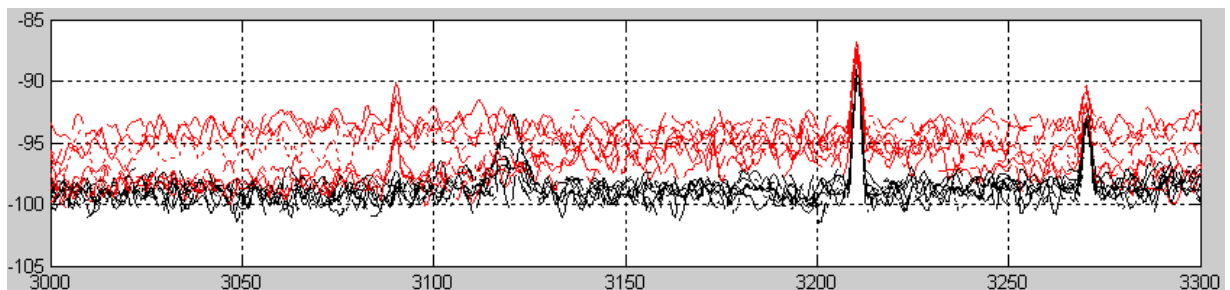
La diferencia en 240 Hz es de 2 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

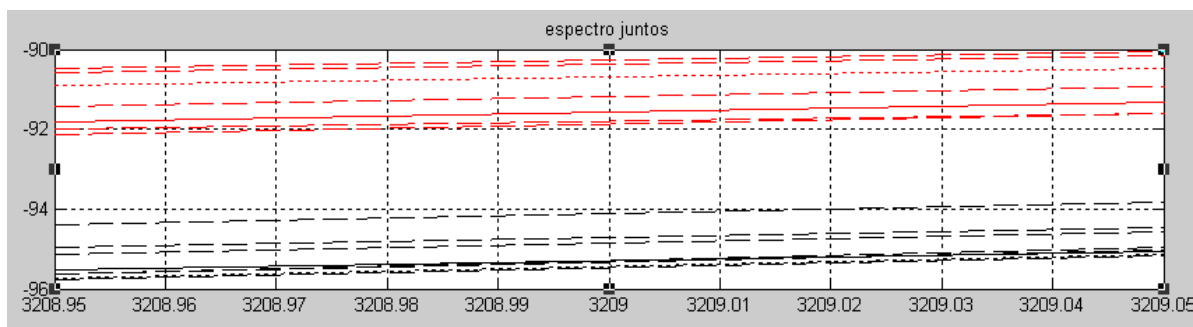




La diferencia en 300 Hz es de 4 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

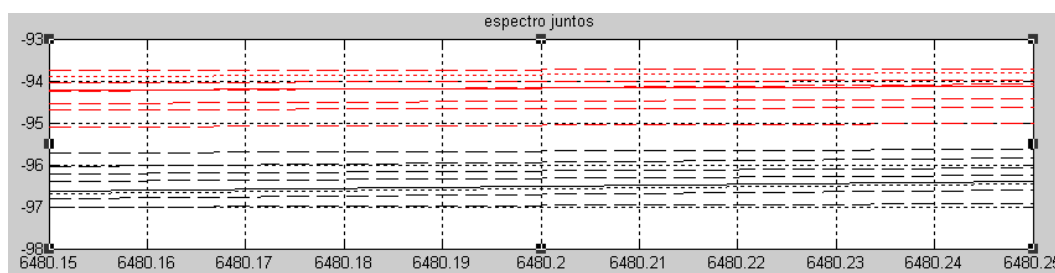
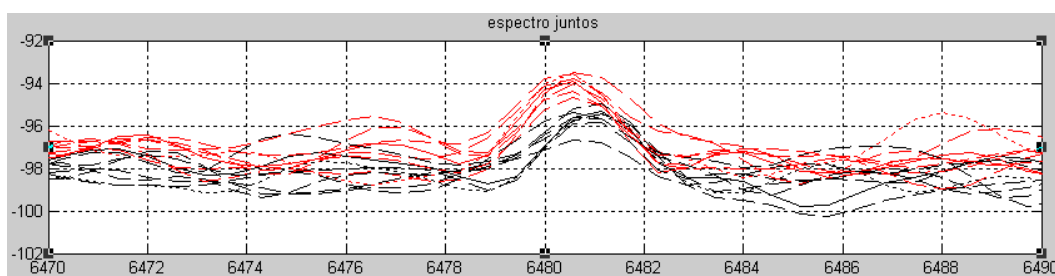
- Zona entre 3000 y 3300 Hz.





La diferencia en 3209 Hz es de 2 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 6470 y 6490 Hz.



La diferencia en 6480,2 Hz es de 0,5 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

t(Hz)	60	120	180	240	300	3209	6480,2
ΔU	2,3	13,1	8,21	2	4	2	0,5

La mejor zona encontrada para la clasificación es la de 120 Hz con 13,1 U de diferencia entre los dos eventos.

h) MUSICA ROCK VERSUS AMBIENTE BASAL.

La prueba se inicio a las 15:50 PM y finalizo a las 15:55 PM.

RESULTADO.

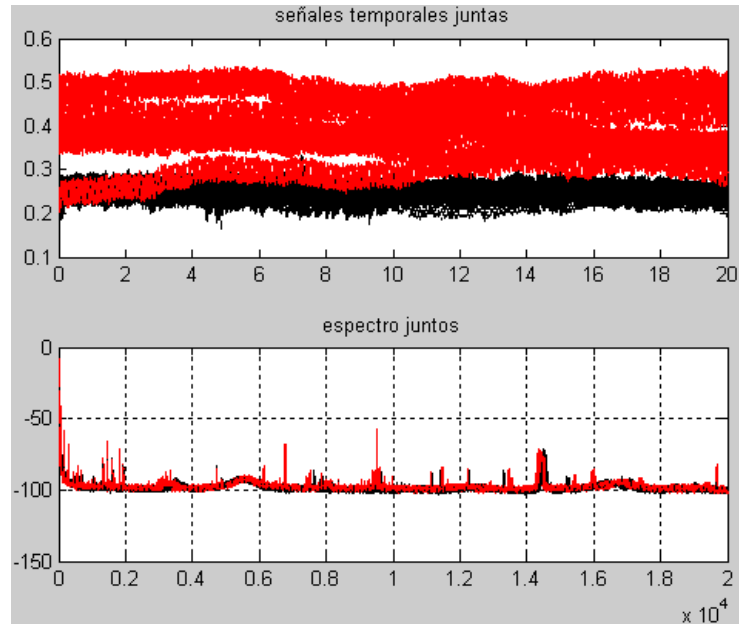
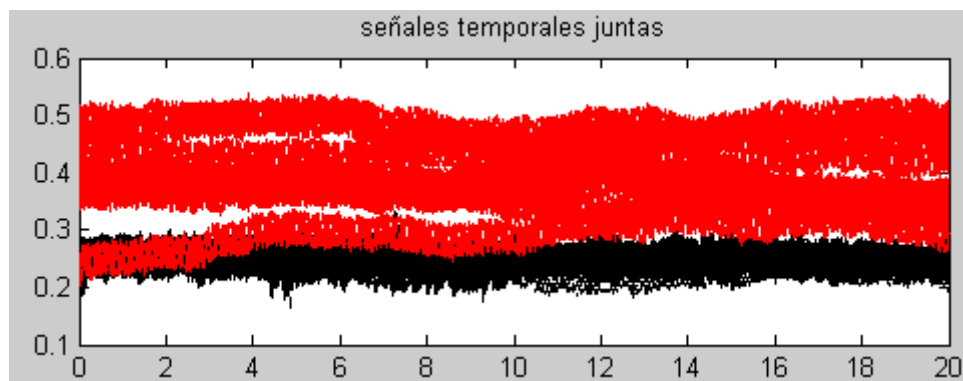


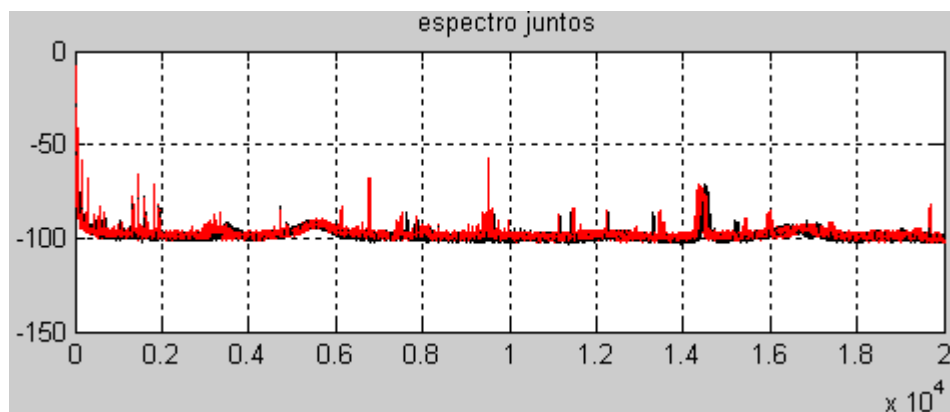
Figura 4-10.- Música rock versus ambiente basal.

ANALISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO:

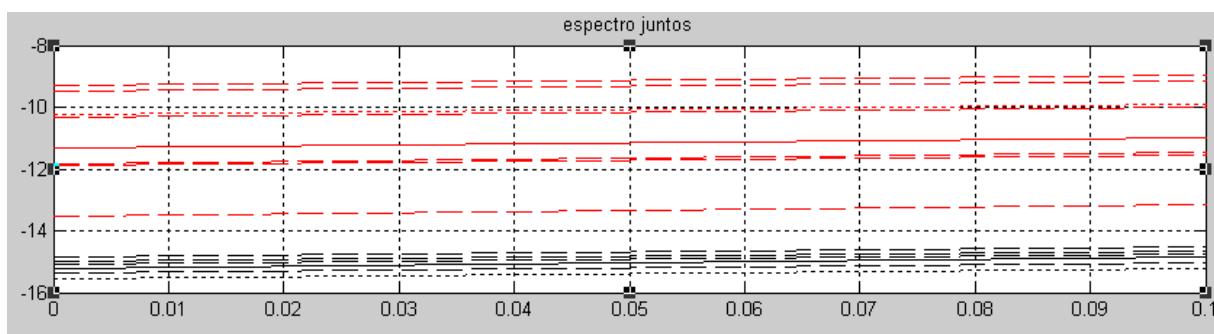
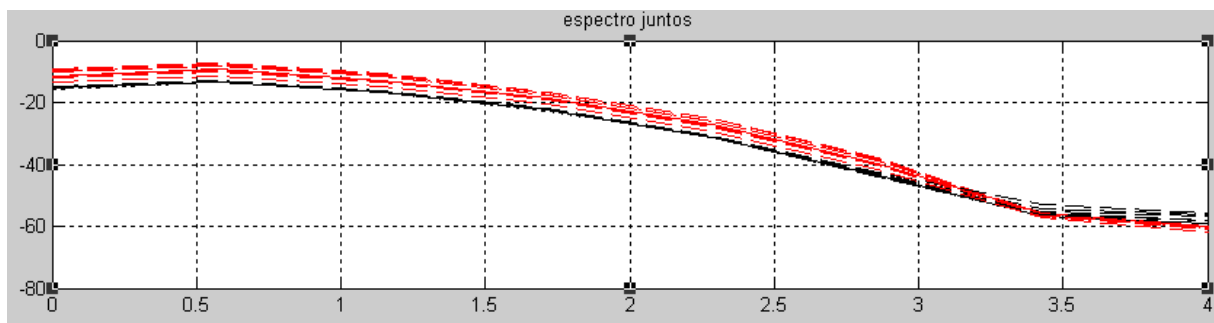
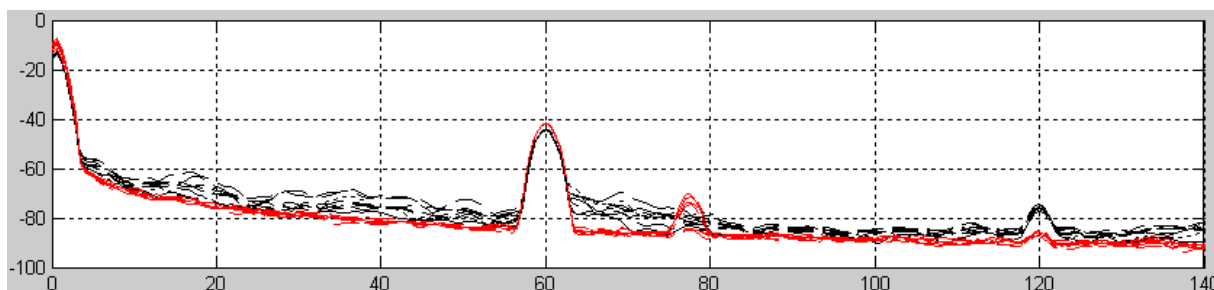


Existe diferencia en los niveles DC pero estas variables no sirven para clasificación.

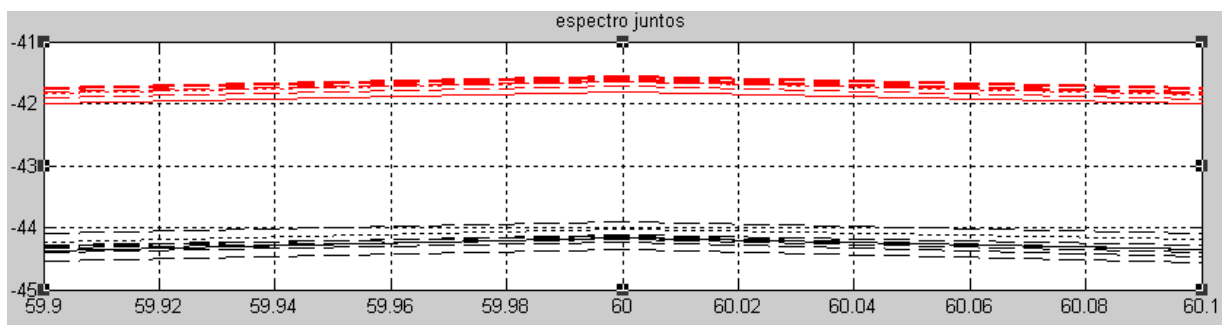
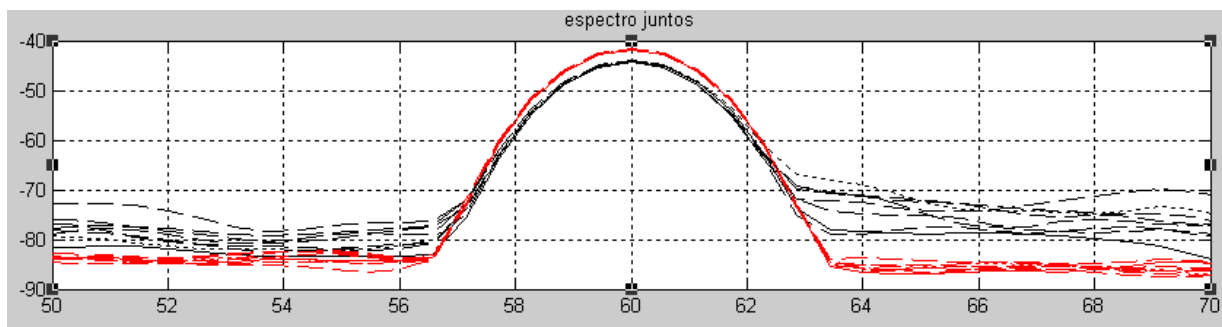
ANALISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA:



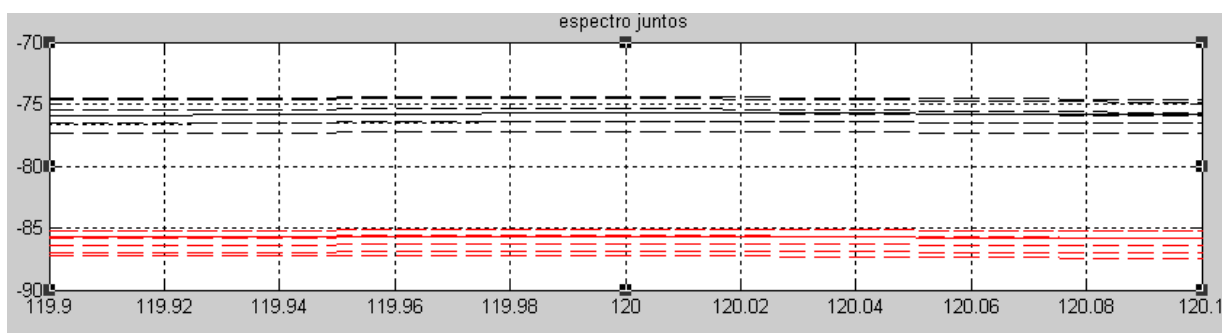
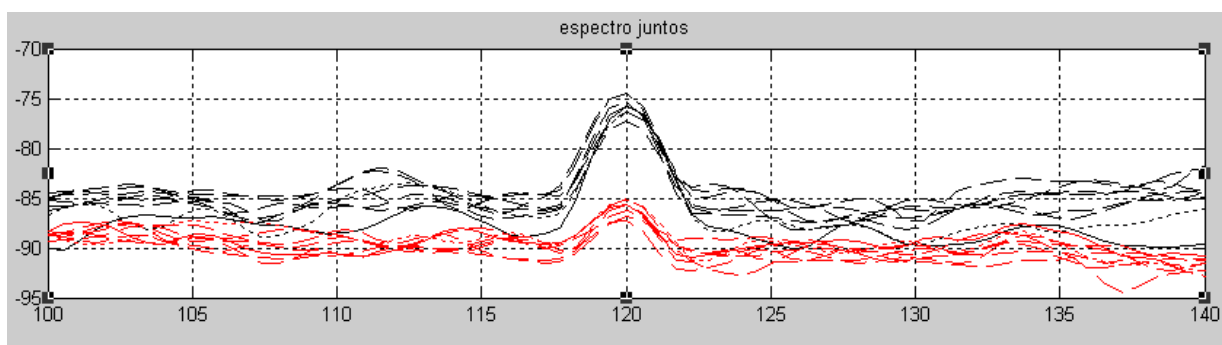
- Zona entre 0 y 140 Hz.



La diferencia en 0,05 Hz es de 1,2 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

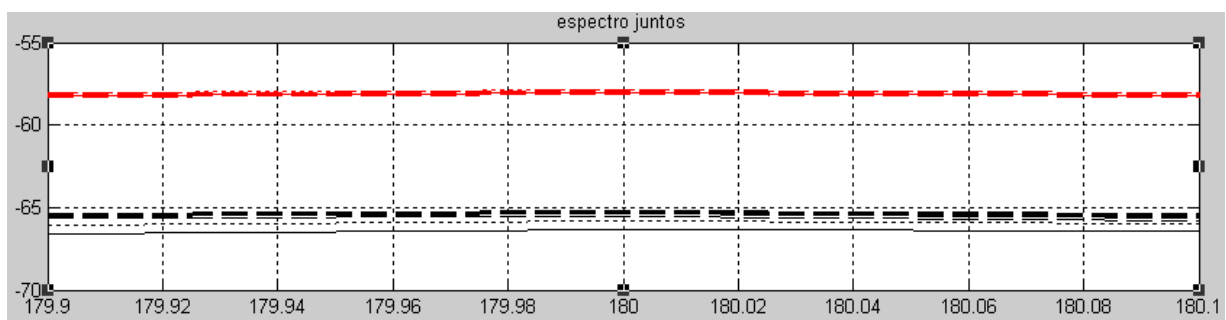
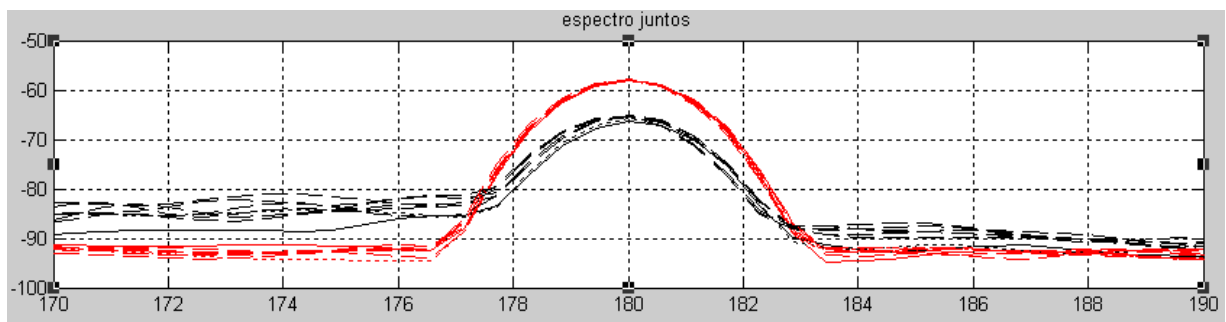
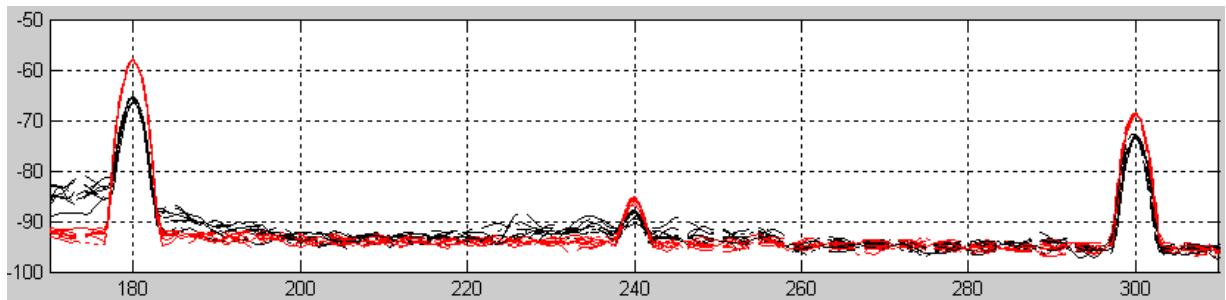


La diferencia en 60 Hz es de 2 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

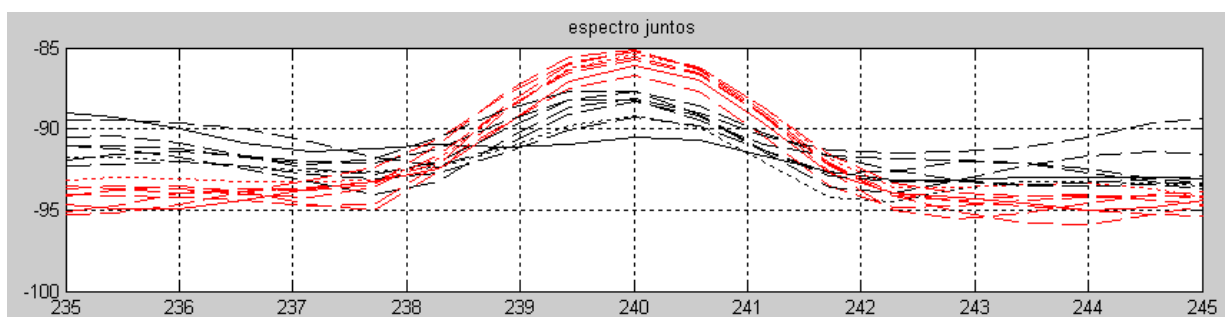


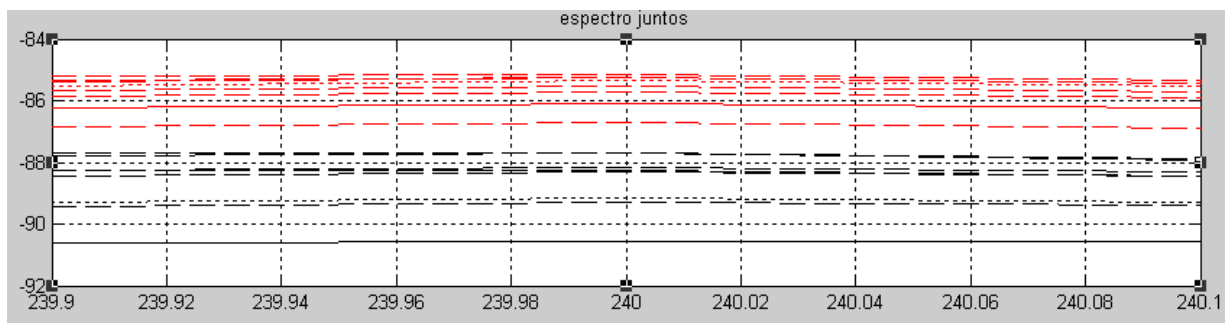
La diferencia en 120 Hz es de 7,5 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 170 y 310 Hz.

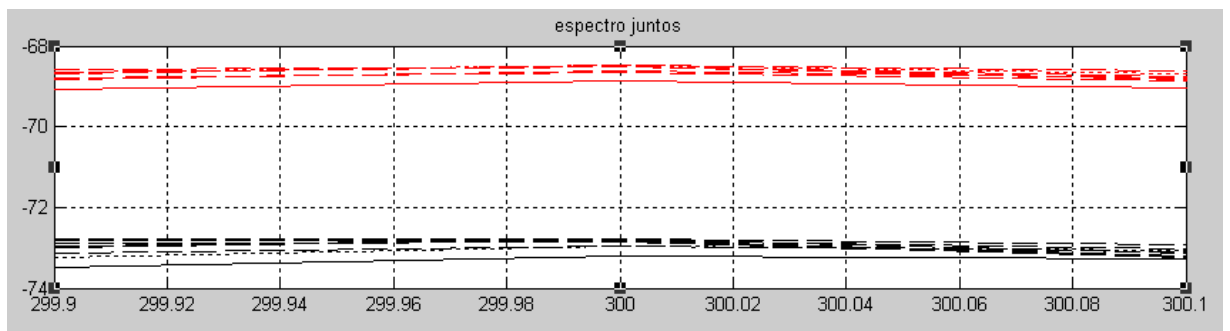
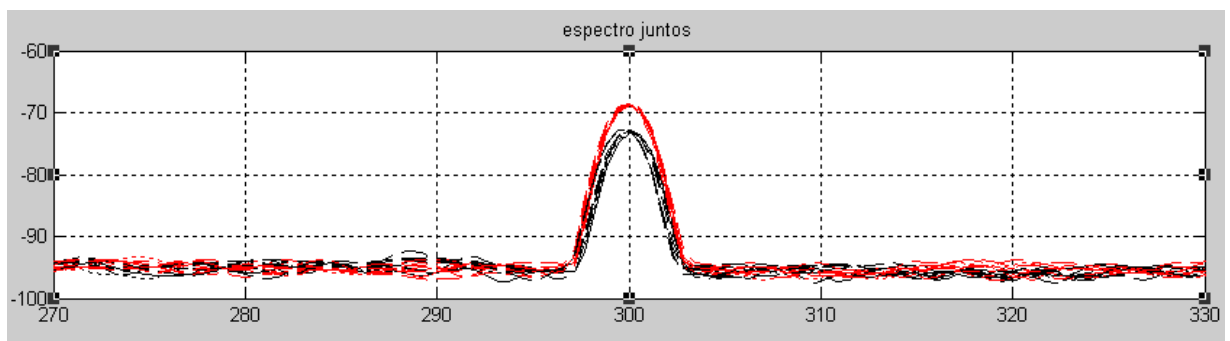


La diferencia en 180 Hz es de 6,42 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.



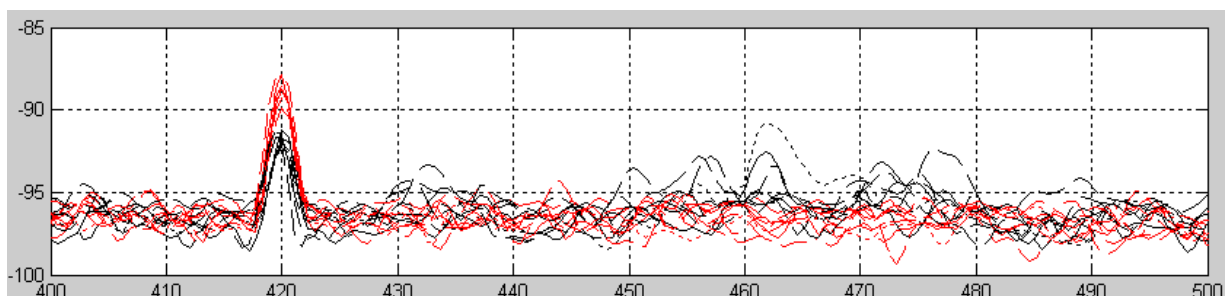


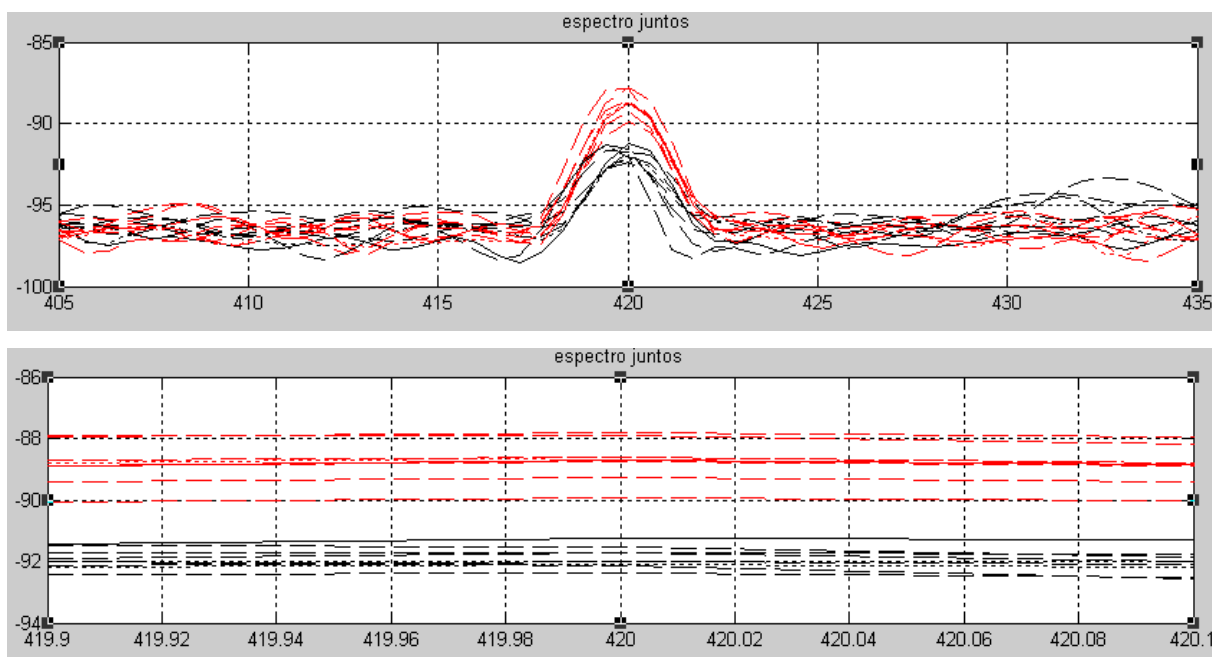
La diferencia en 240 Hz es de 0,4 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.



La diferencia en 300 Hz es de 3,71 dB por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

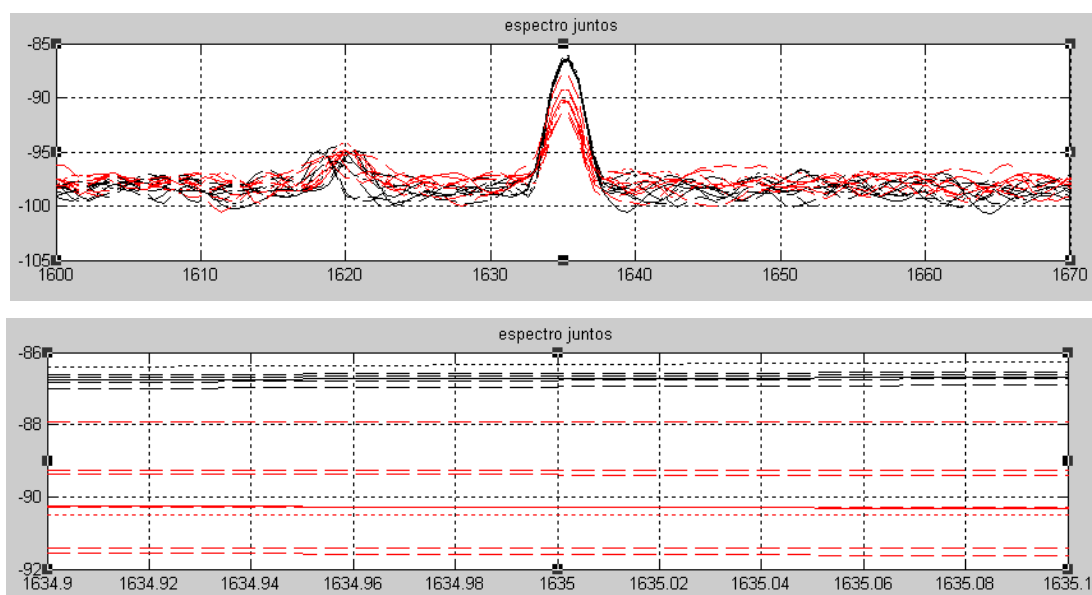
- Zona entre 400 y 500 Hz.





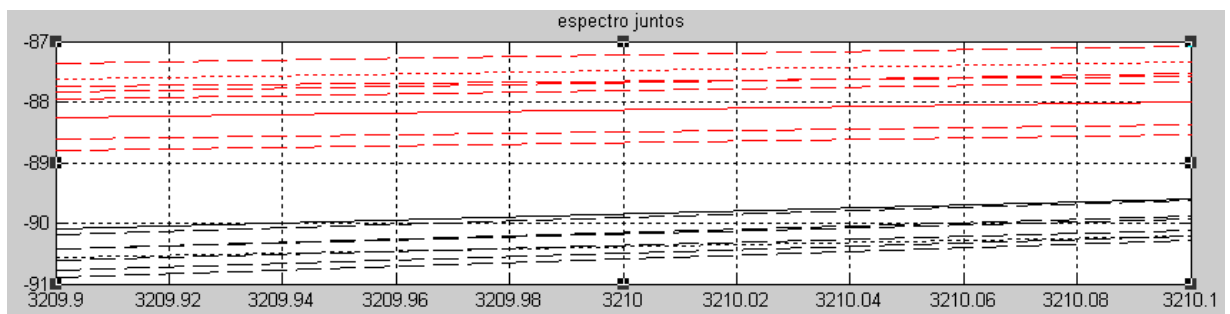
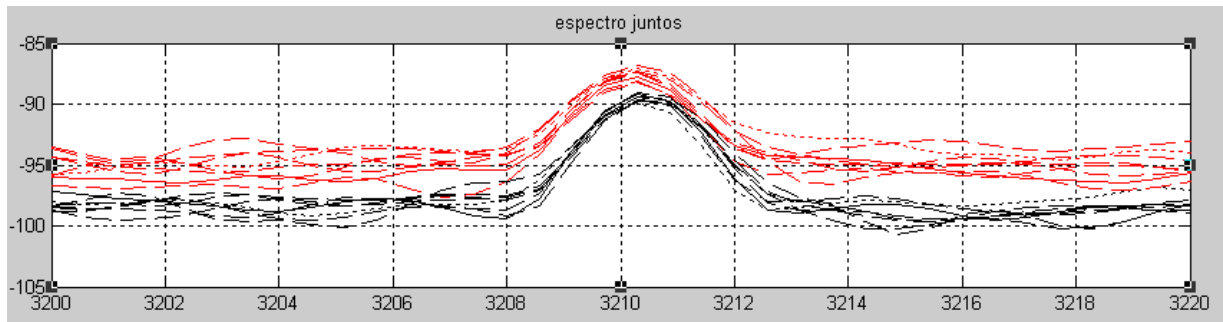
La diferencia en 420 Hz es de 1,2 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 1600 y 1670 Hz.



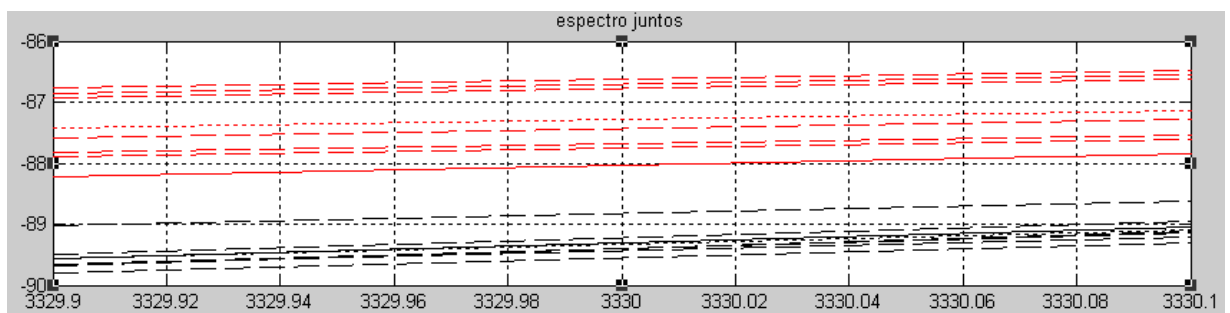
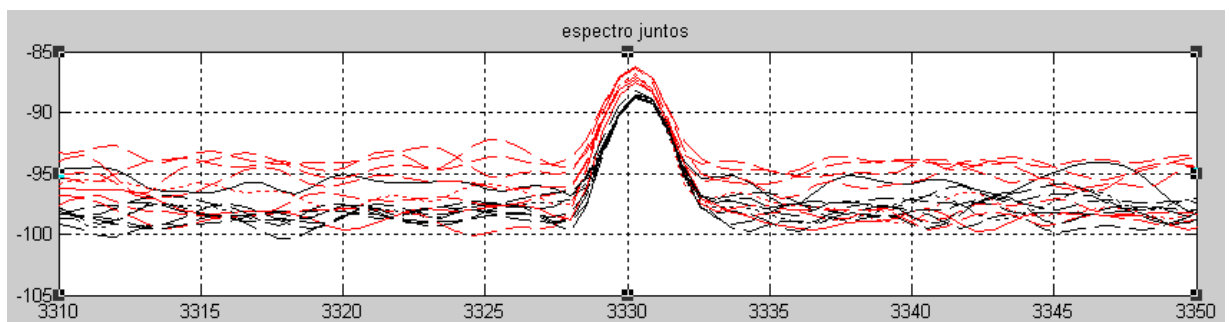
La diferencia en 1635 Hz es de 0,85 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 3200 y 3220 Hz.



La diferencia en 3210 Hz es de 1 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 3310 y 3350 Hz.



La diferencia en 3330 Hz es de 0,8 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

f(Hz)	0,05	60	120	180	240	300	420	1635	3210	3330
Δ dB	1,2	2	7,5	6,42	0,4	3,71	1,2	0,85	1	0,8

La mejor zona encontrada para la clasificación es la de 120 Hz con 7,5 U de diferencia entre los dos eventos.

i) MUSICA HEAVY VERSUS AMBIENTE BASAL.

La prueba se inicio a las 16:18 PM y finalizo a las 16:23 PM.

RESULTADOS.

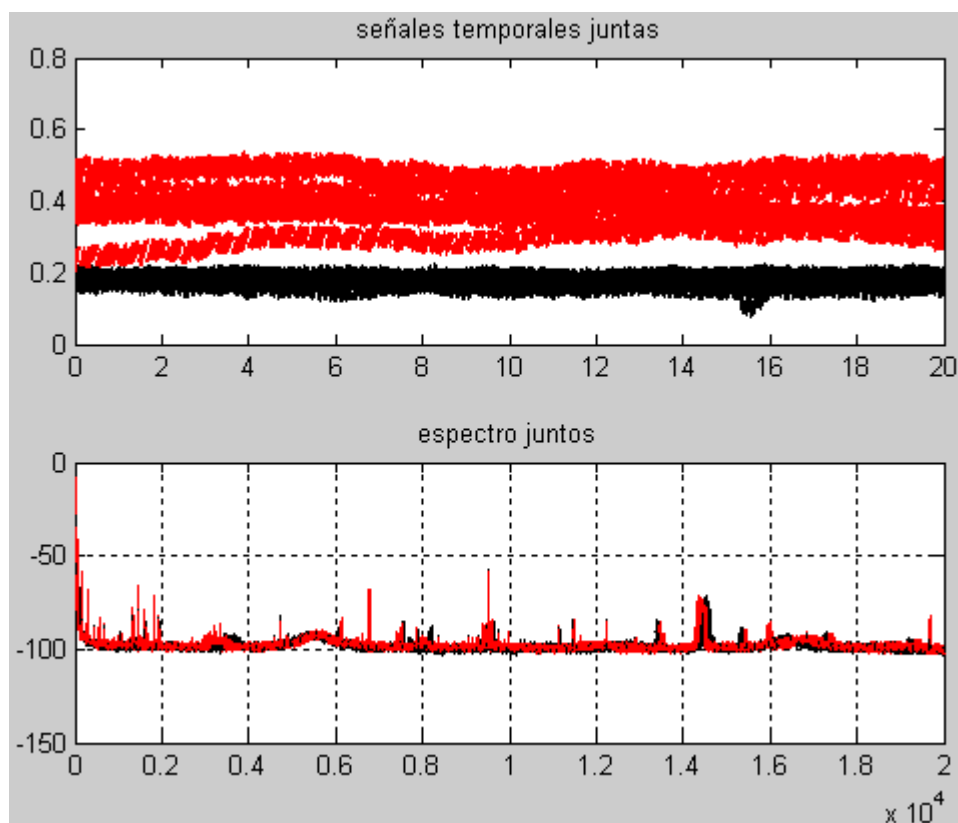
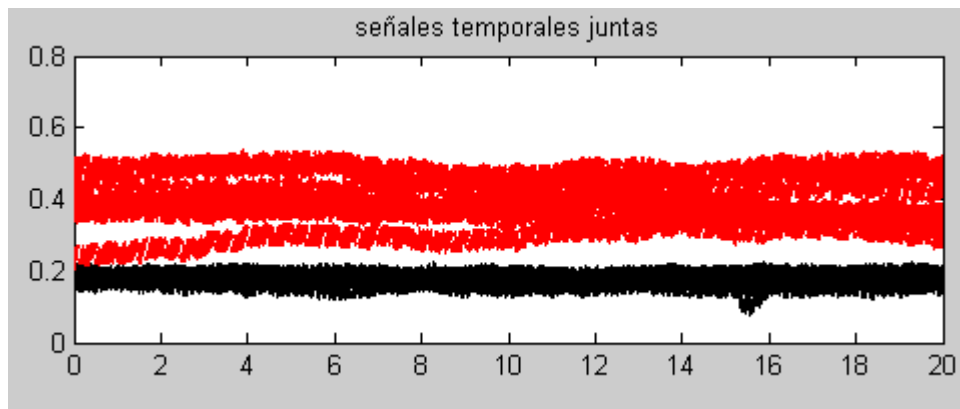


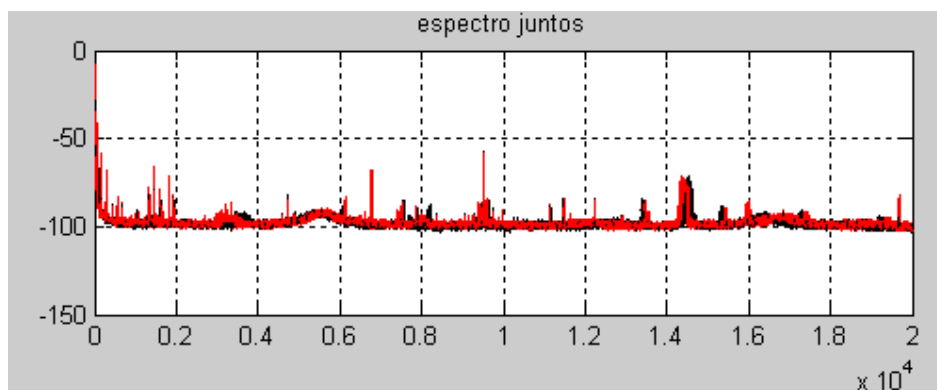
Figura 4-11.- Música heavy versus ambiente basal.

ANALISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO:

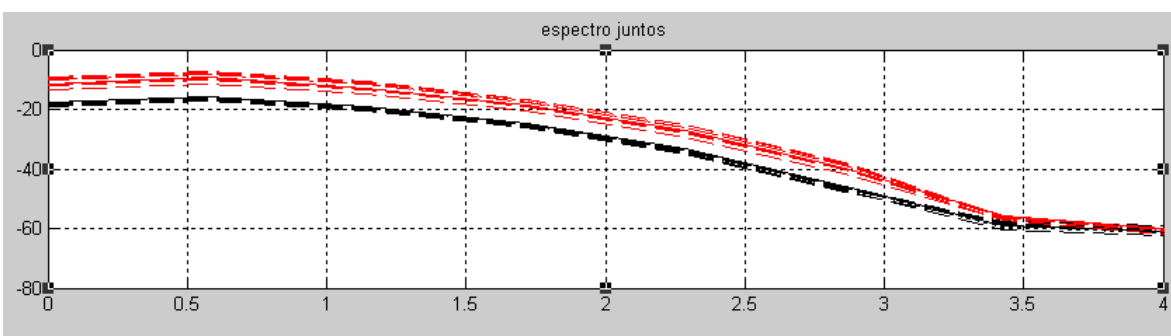
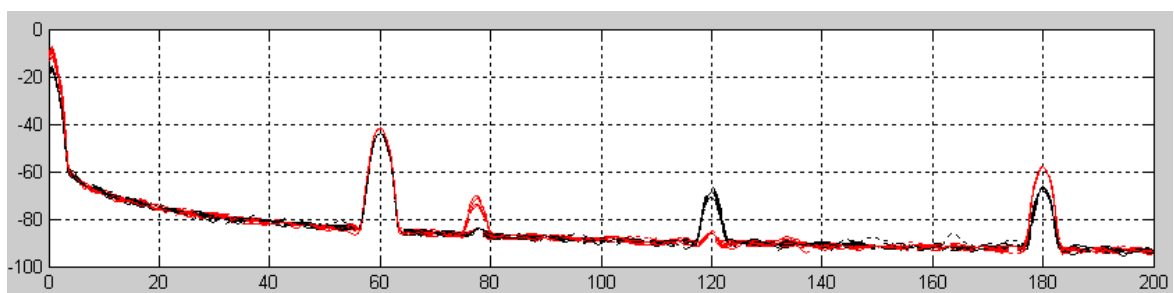


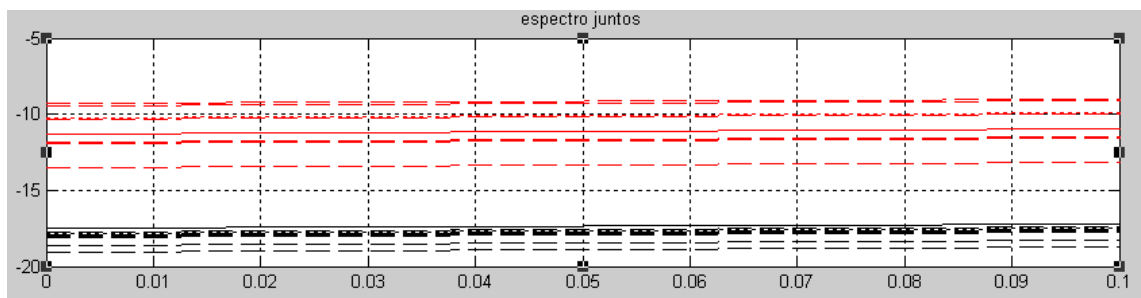
Existe diferencia en los niveles DC pero estas variables no sirven para clasificación.

ANALISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA:

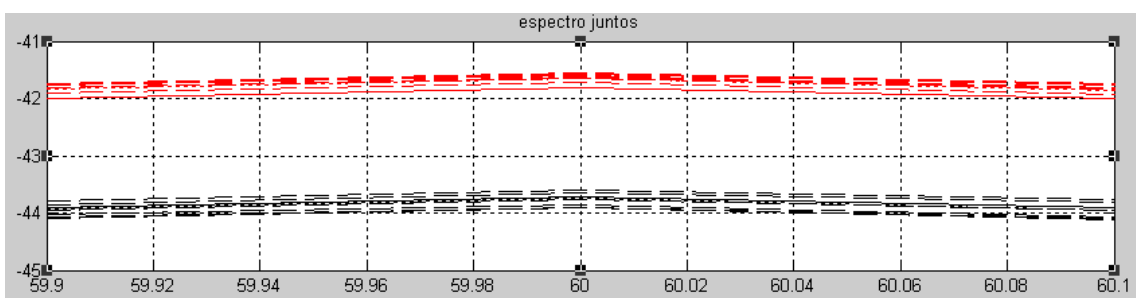
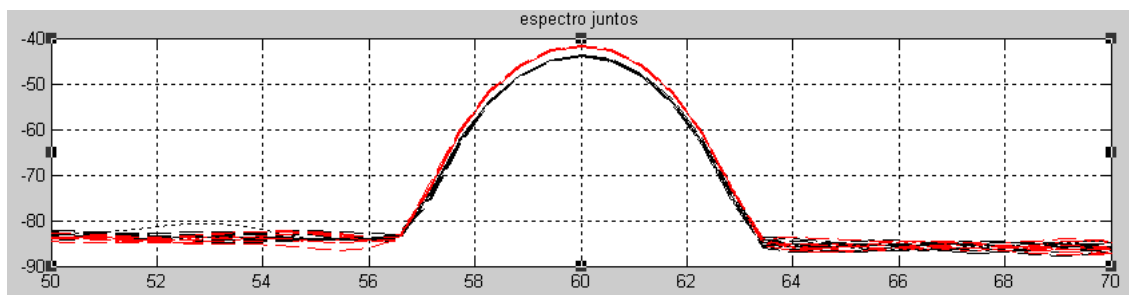


- Zona entre 0 y 200 Hz.

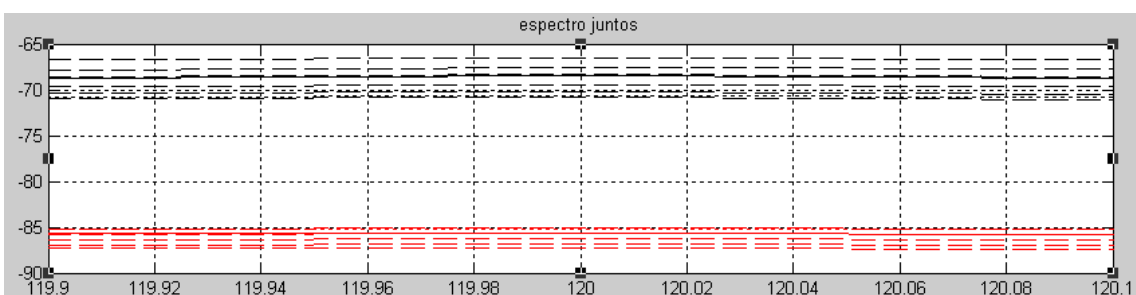
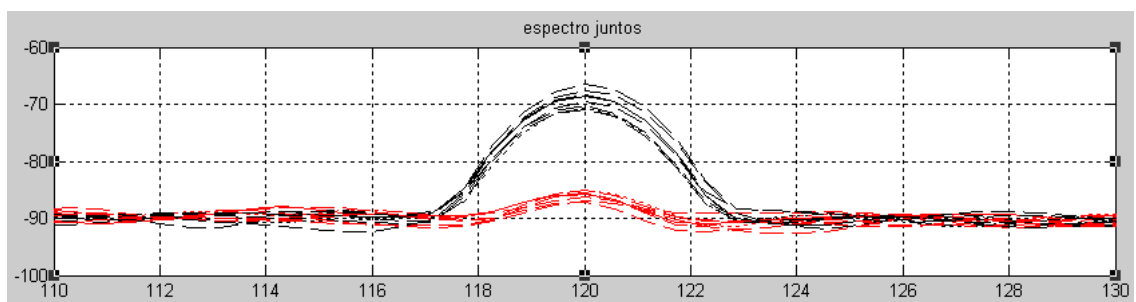




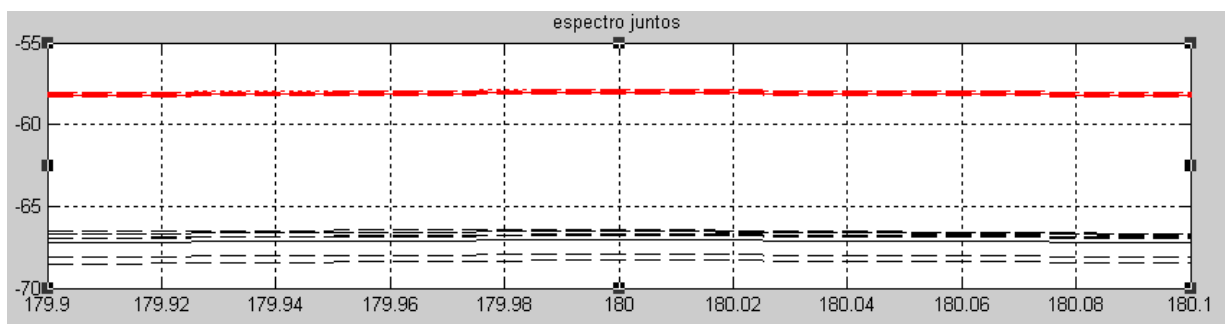
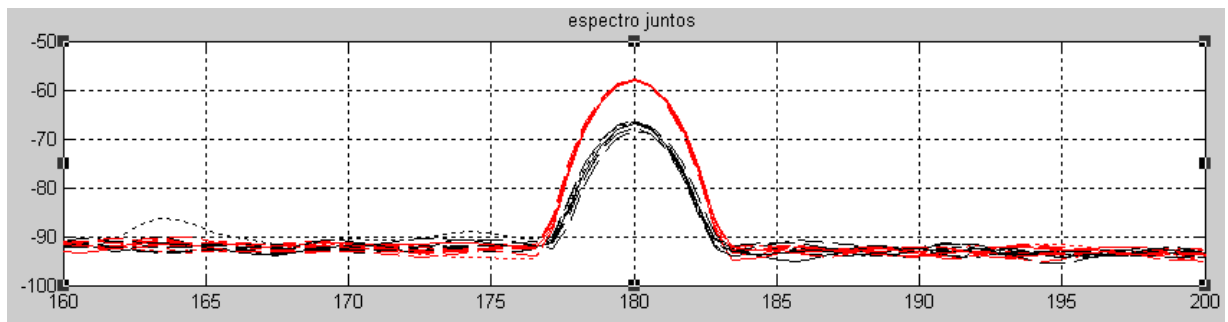
La diferencia en 0.05 Hz es de 3,57 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.



La diferencia en 60 Hz es de 1,8 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

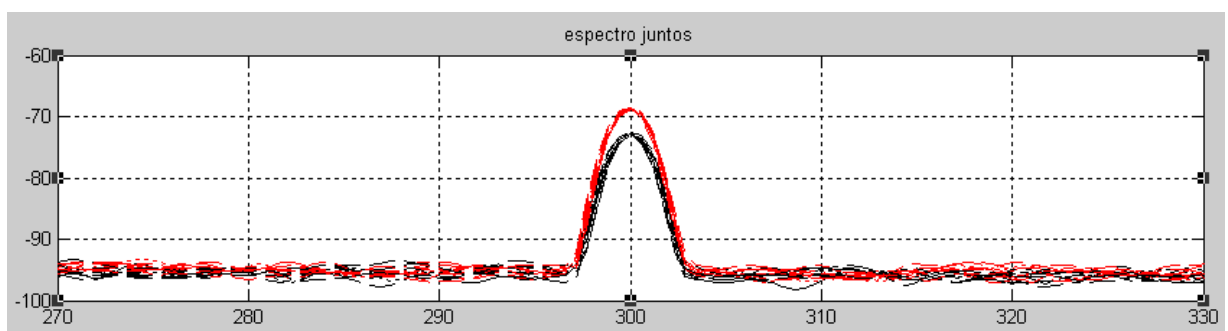
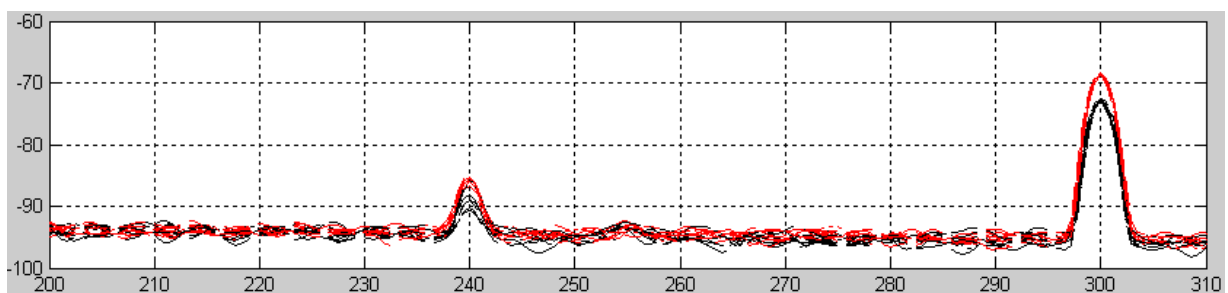


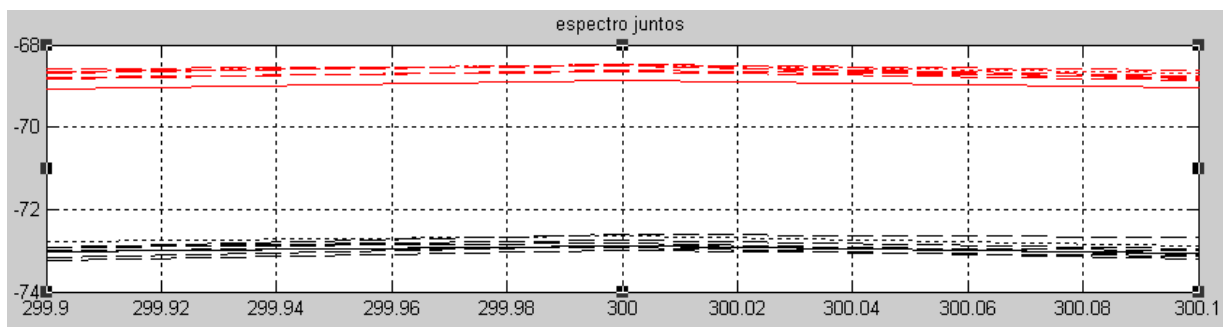
La diferencia en 120 Hz es de 14,37 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.



La diferencia en 180 Hz es de 7,85 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

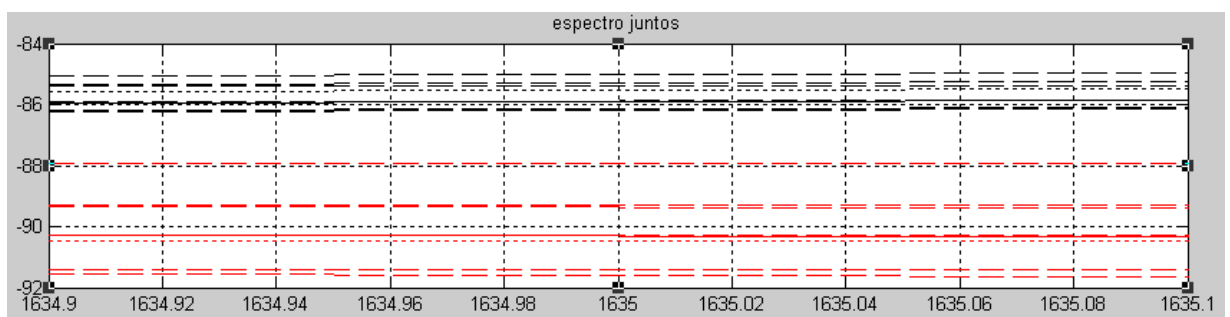
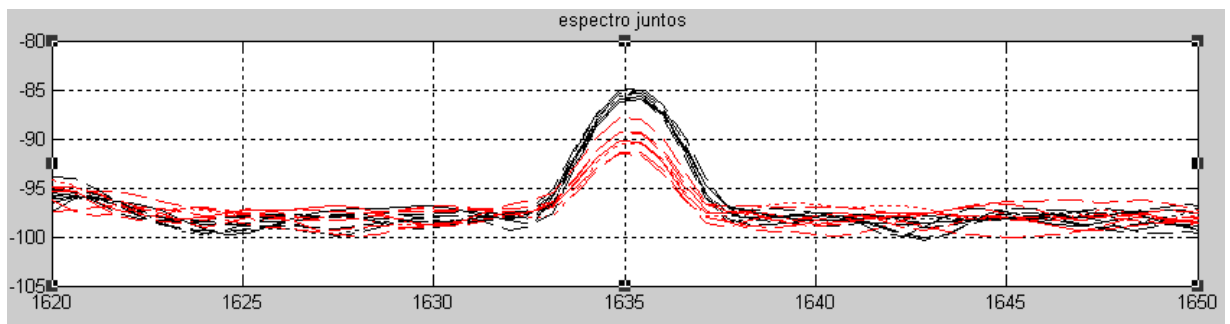
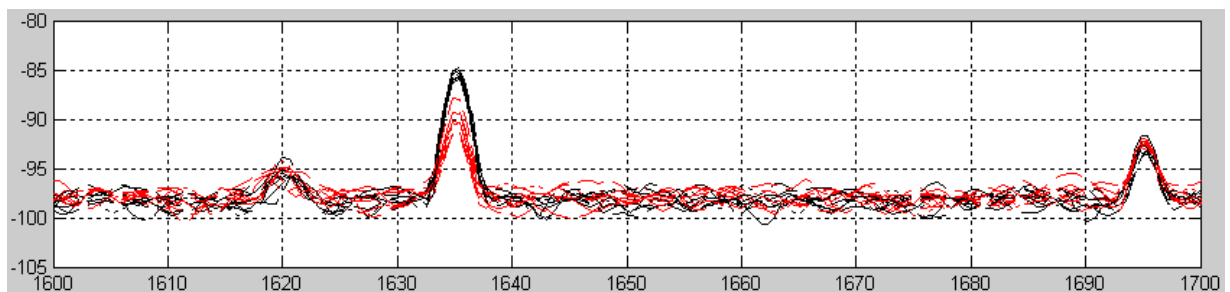
- Zona entre 200 y 310 Hz.





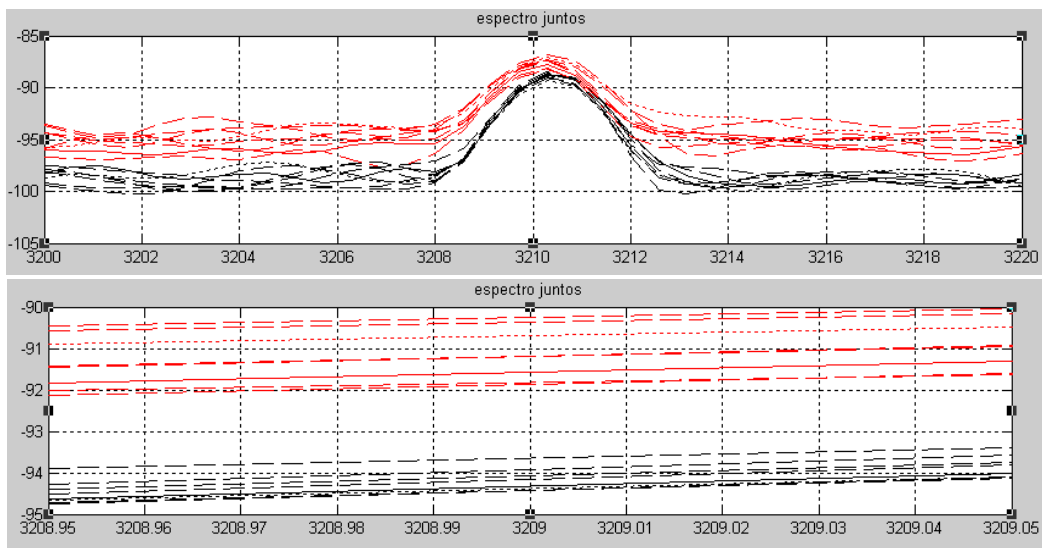
La diferencia en 300 Hz es de 3,57 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 1600 y 1700 Hz.



La diferencia en 1635 Hz es de 1,8 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 3200 y 3220 Hz.



La diferencia en 3209 Hz es de 1,75 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

f(Hz)	0,05	60	120	180	300	1635	3209
Δ dB	3,57	1,8	14,37	7,85	3,57	1,8	1,75

La mejor zona encontrada para la clasificación es la de 120 Hz con 14,37 U de diferencia entre los dos eventos.

j) AUSENCIA DE LUZ VERSUS AMBIENTE BASAL.

La prueba se inicio a las 16:52 PM y finalizo a las 16:57 PM.

RESULTADO.

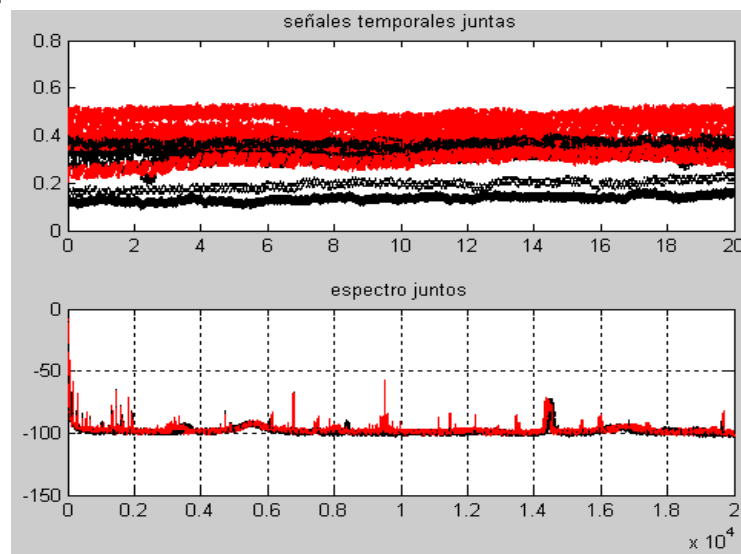
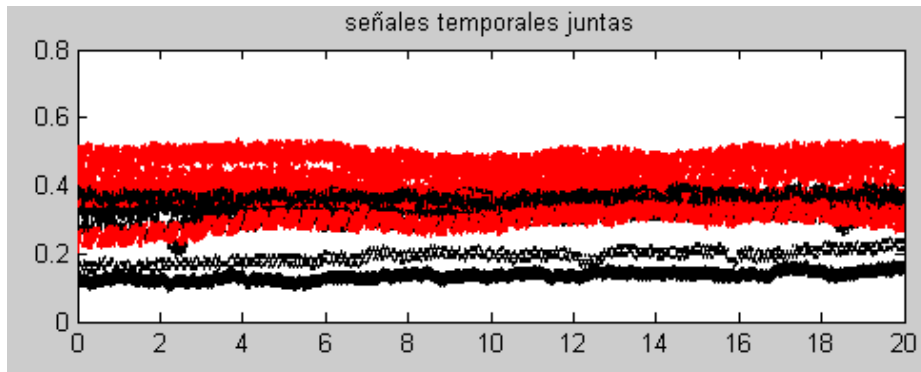


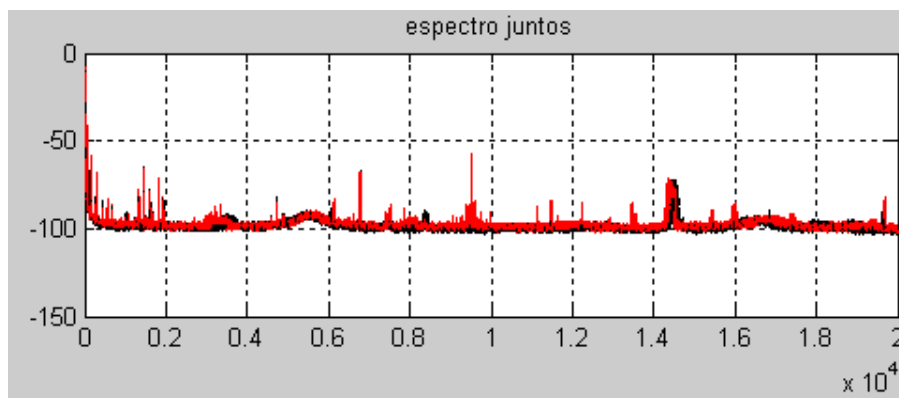
Figura 4-12.- Ausencia de luz versus ambiente basal.

ANALISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO:

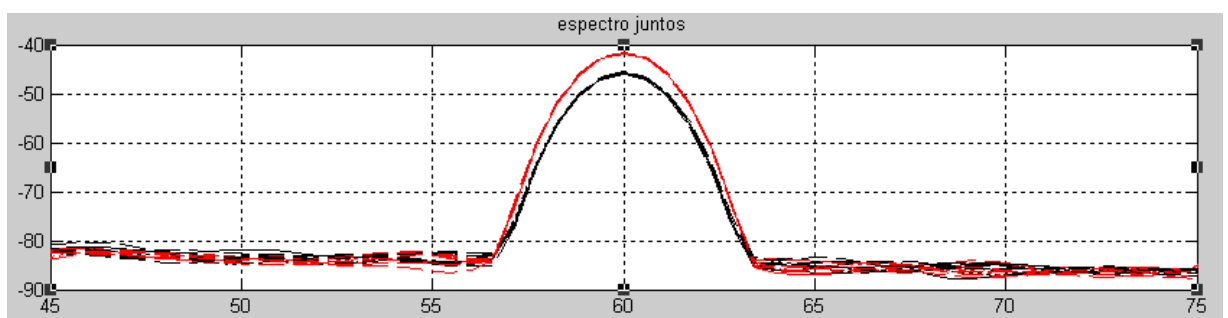
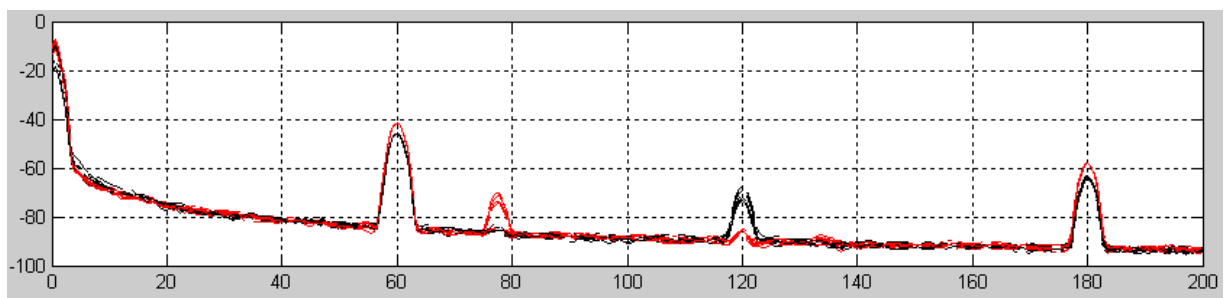


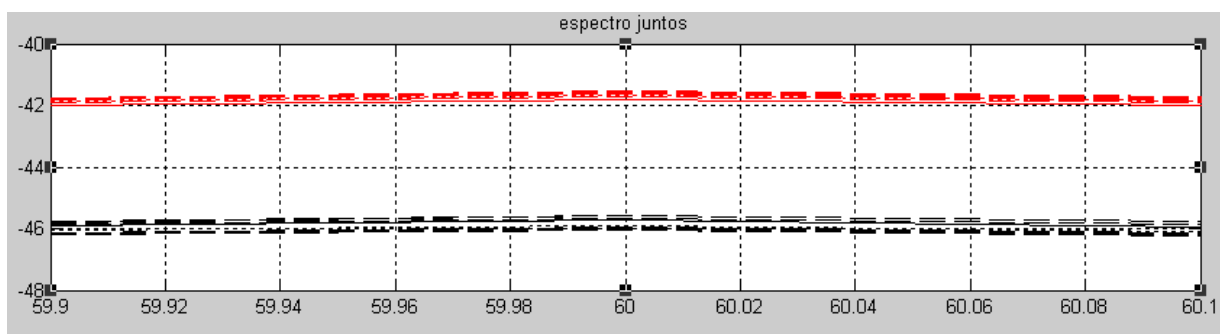
Existe diferencia en los niveles DC pero estas variables no sirven para clasificación entre los dos eventos.

ANALISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA:

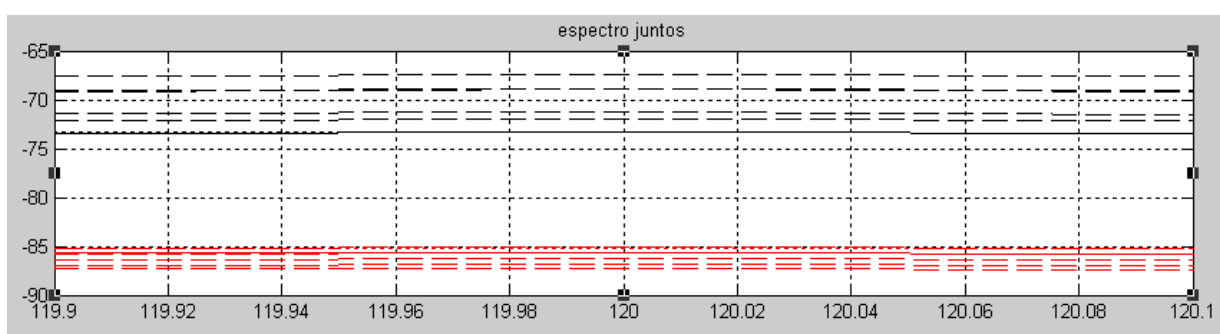
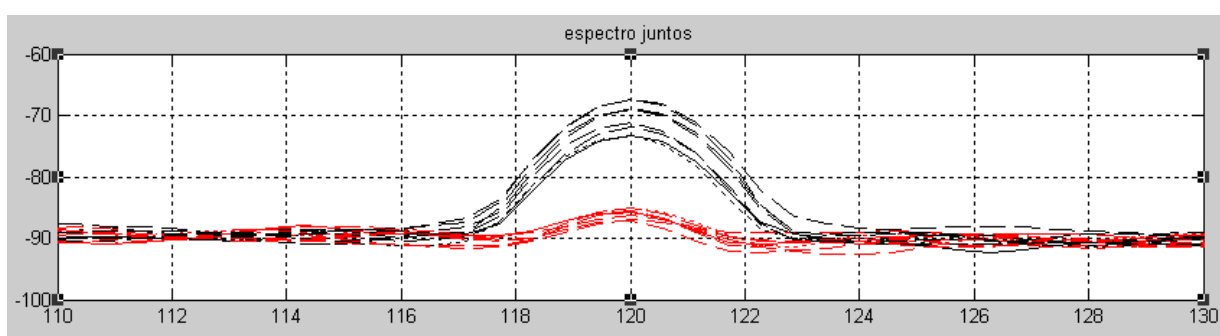


- Zona entre 0 y 200 Hz.

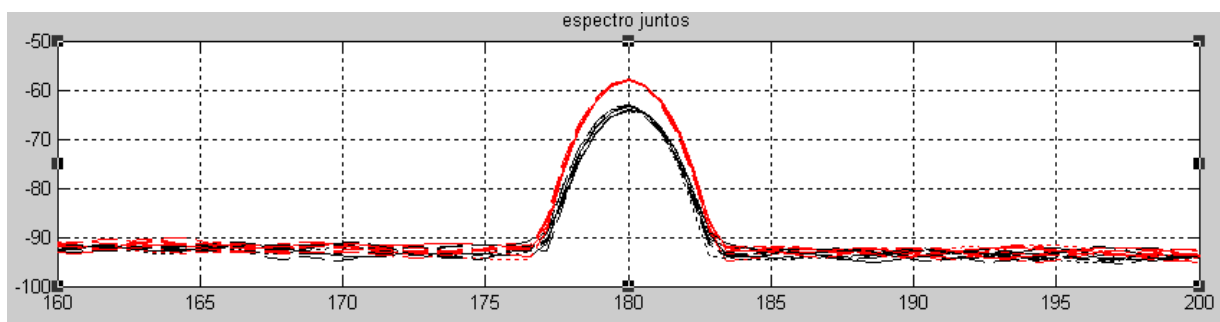


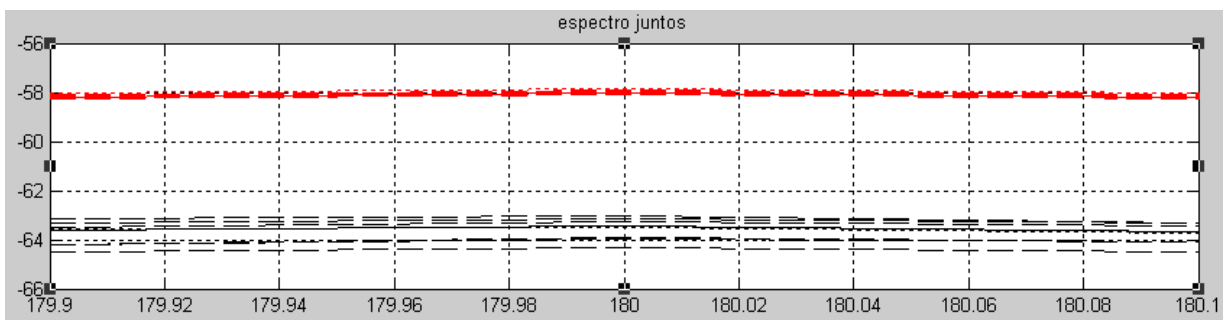


La diferencia en 60 Hz es de 3,6 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.



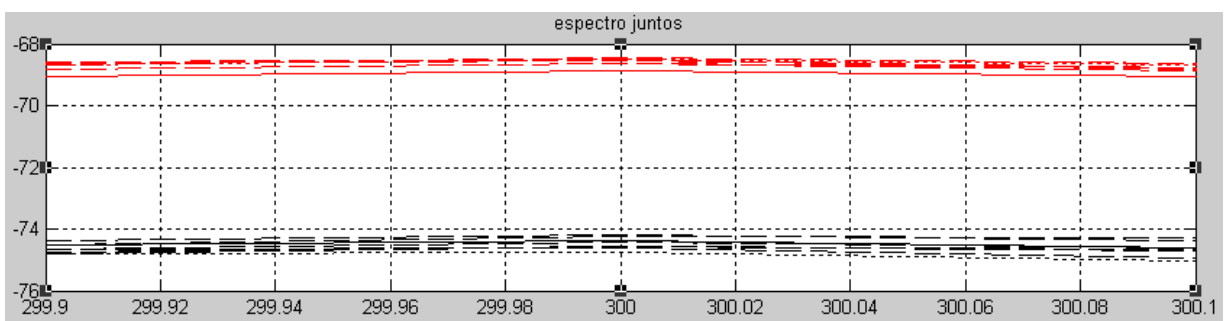
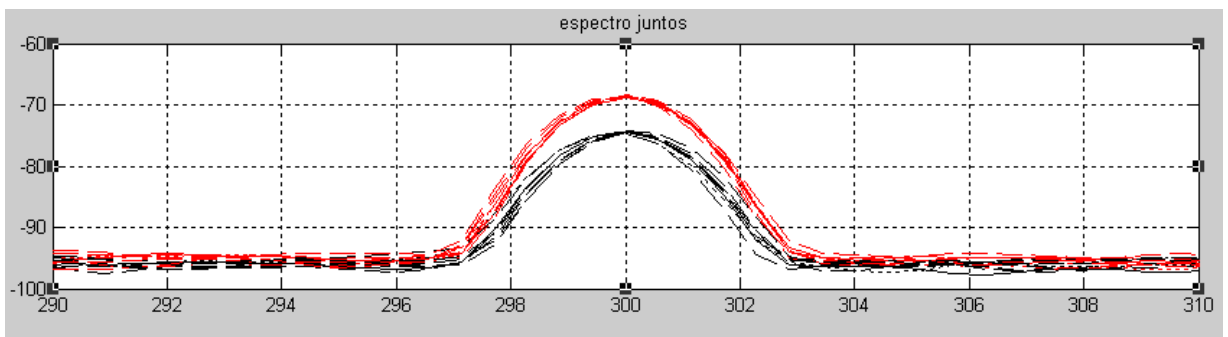
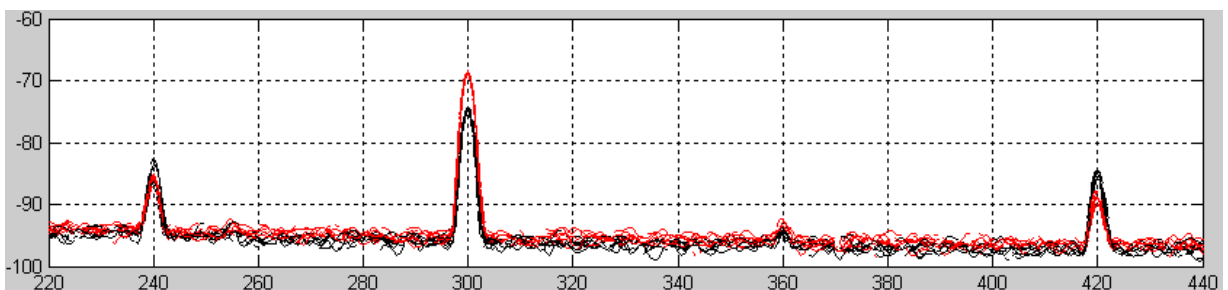
La diferencia en 120 Hz es de 11,87 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.



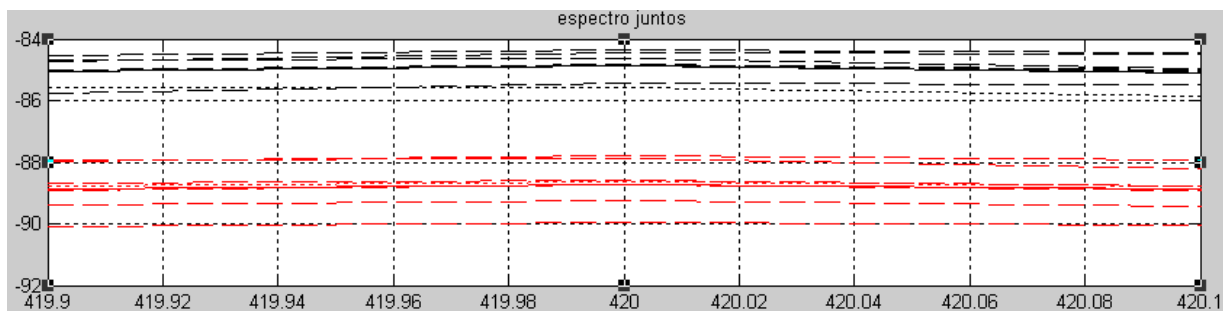
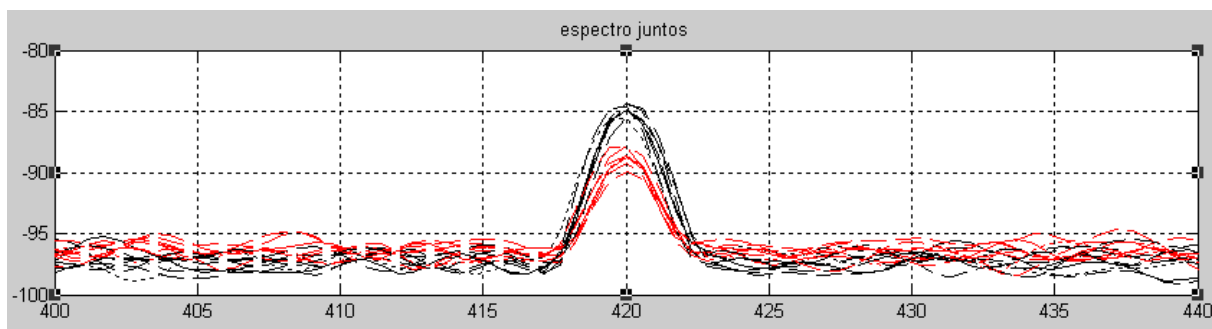


La diferencia en 180 Hz es de 4,75 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 220 y 440 Hz.

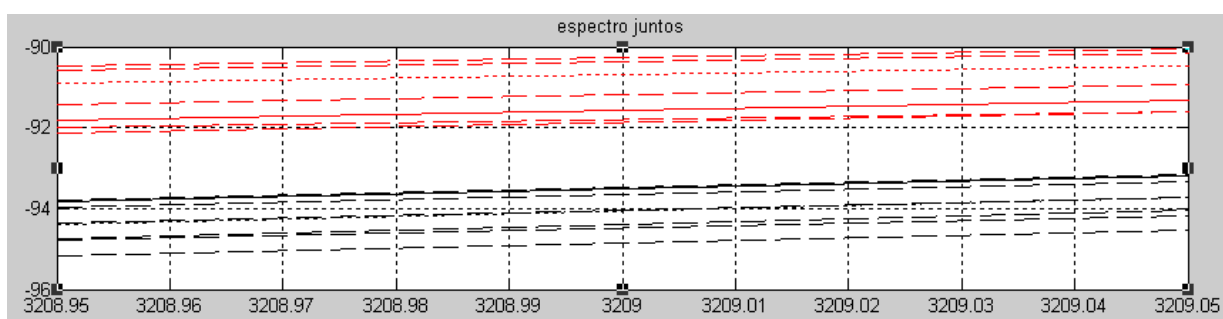
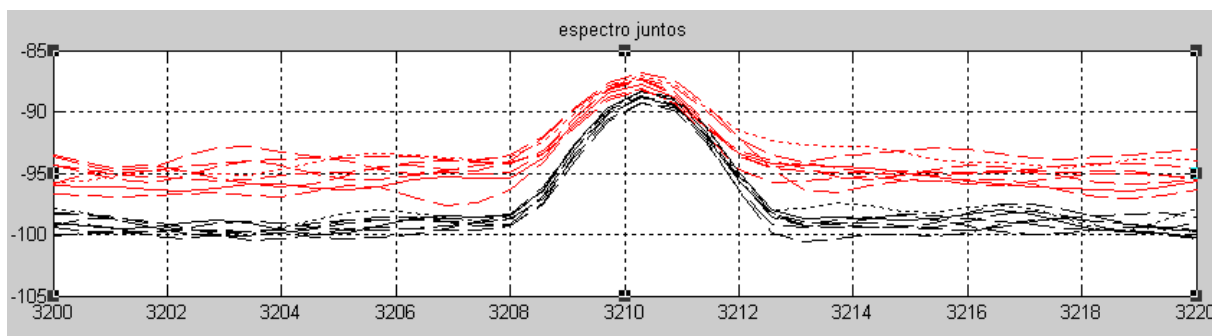


La diferencia en 300 Hz es de 5,4 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.



La diferencia en 420 Hz es de 2 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 3200 y 3220 Hz.



La diferencia en 3209 Hz es de 1,53 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

f(Hz)	60	120	180	300	420	3209
Δ dB	3,6	11,87	4,75	5,4	2	1,53

La mejor zona encontrada para la clasificación es la de 120 Hz con 11,87 U de diferencia entre los dos eventos.

k) AUSENCIA DE LUZ ACOMPAÑADO DE MÚSICA INSTRUMENTAL VERSUS AMBIENTE BASAL.

La prueba se inicio a las 17:05 PM y finalizo a las 17:10 PM.

RESULTADO.

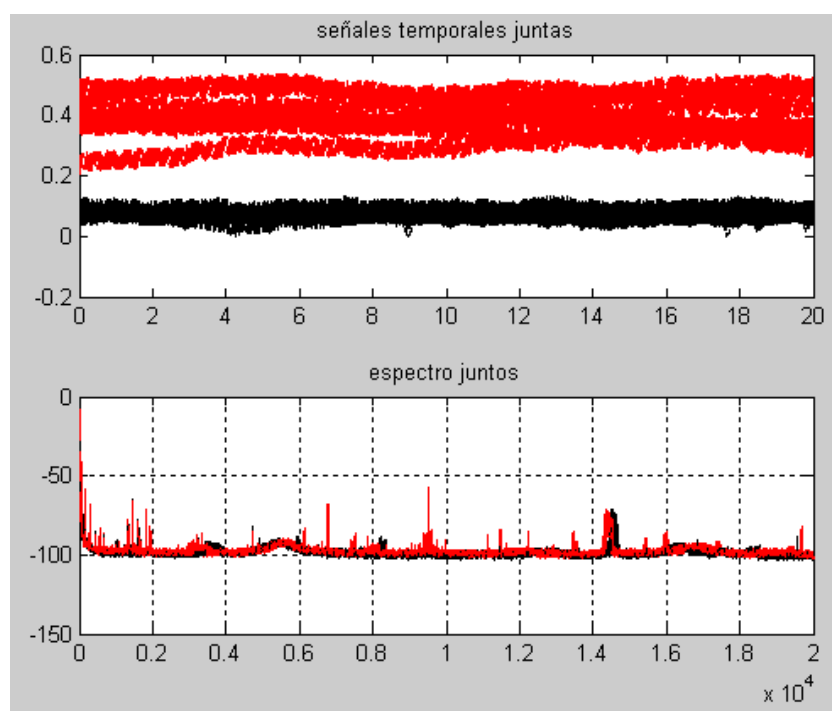
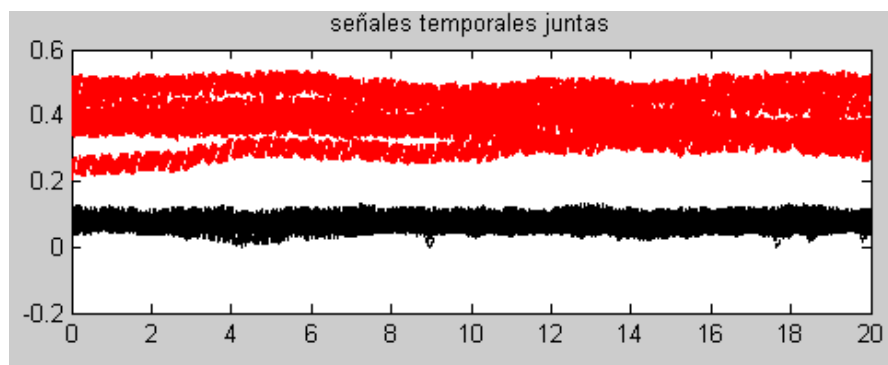
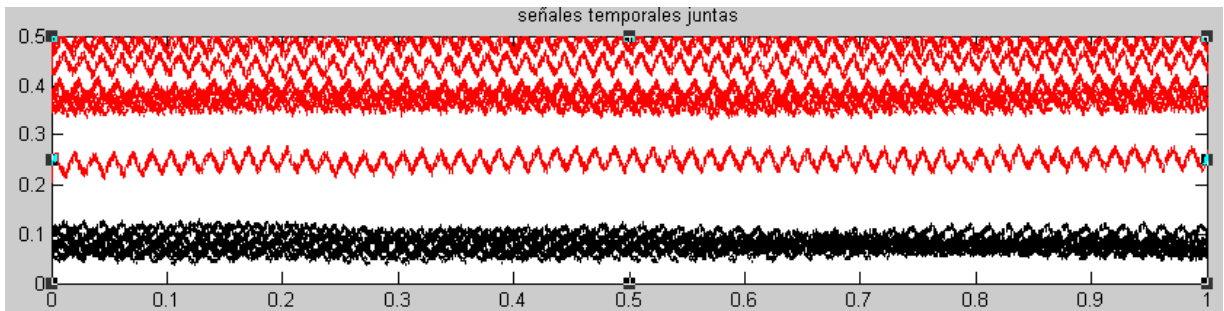


Figura 4-13.- Ausencia de luz acompañado de música instrumental versus ambiente basal.

ANÁLISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO:



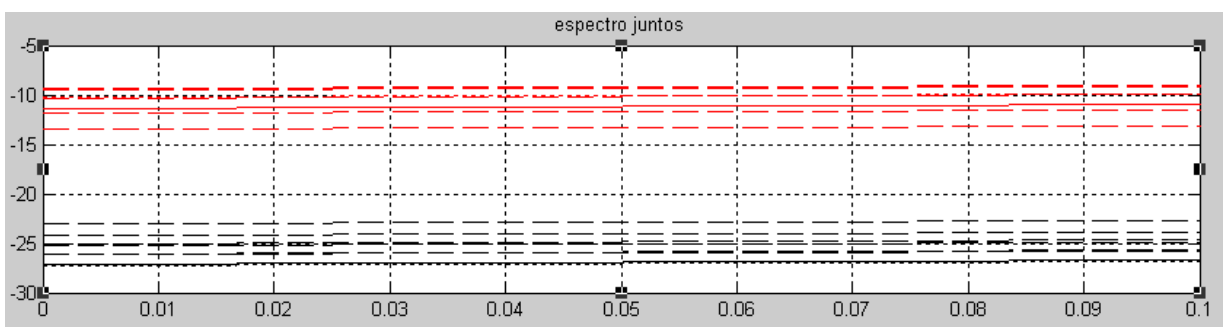
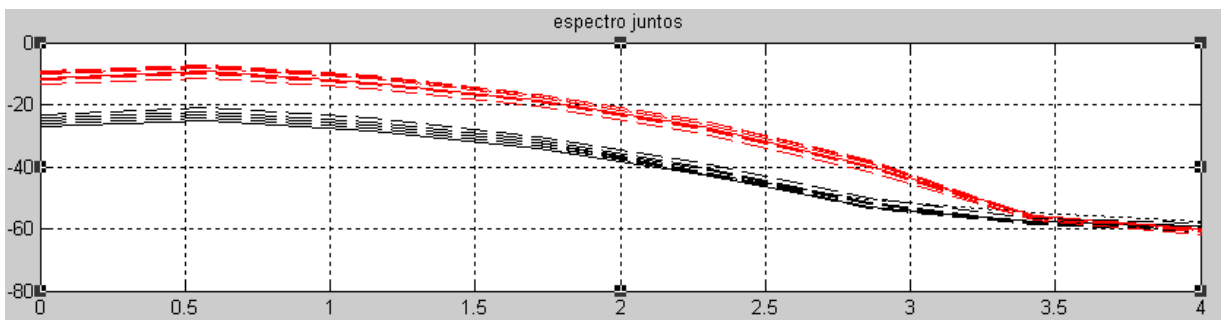
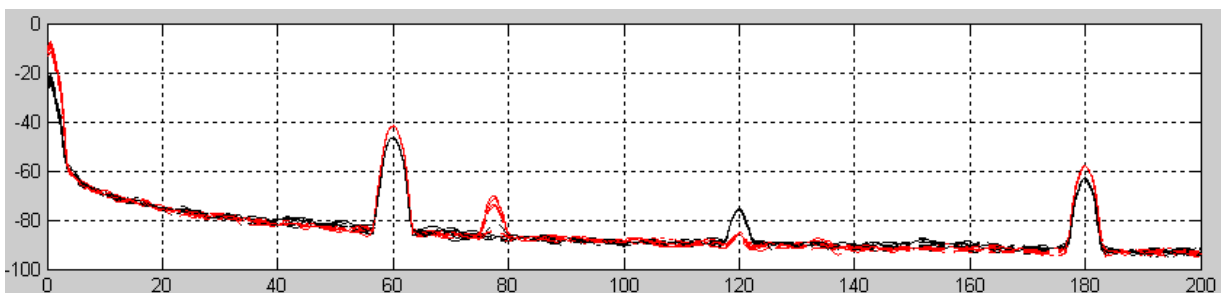
- Zona entre 0 y 1 segundo.



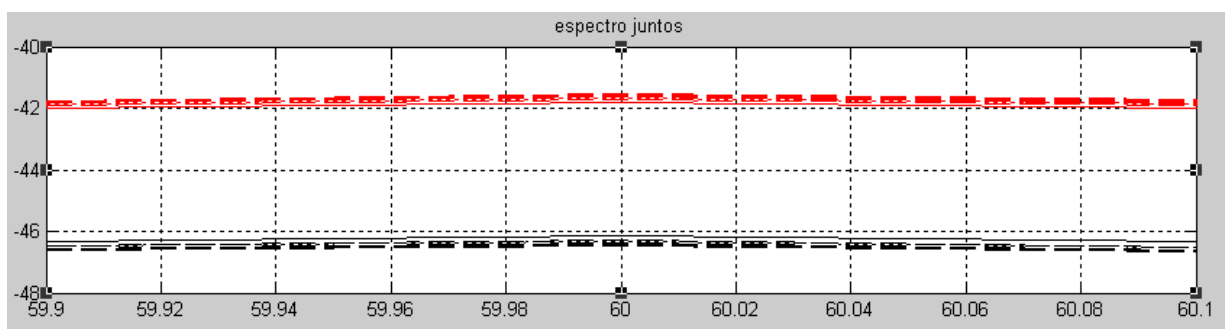
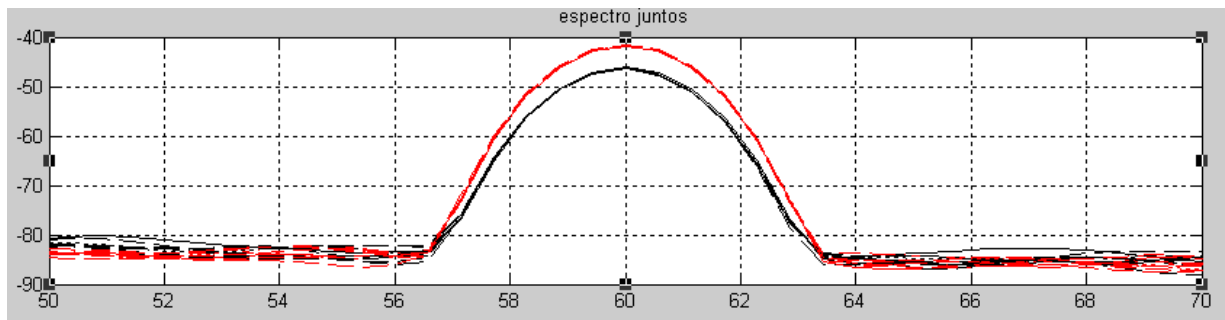
Los niveles de DC sí permiten ver que existe diferencia de valor de 0.07 esta si es una variable que nos permite clasificar los dos eventos.

ANALISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA:

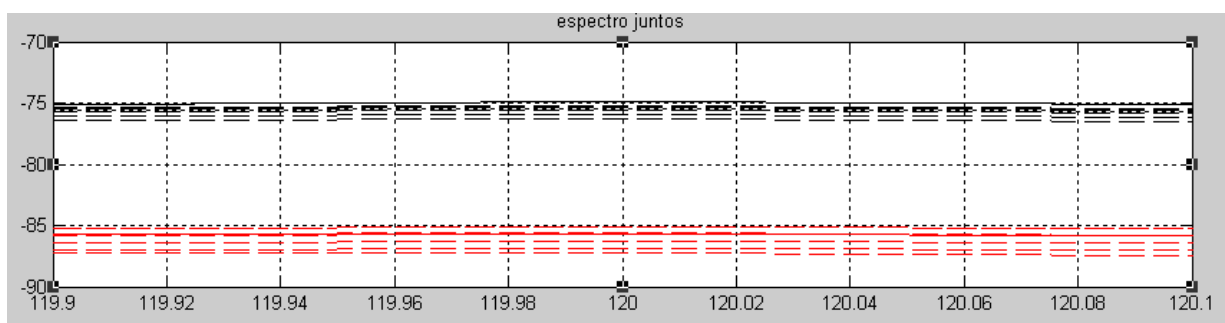
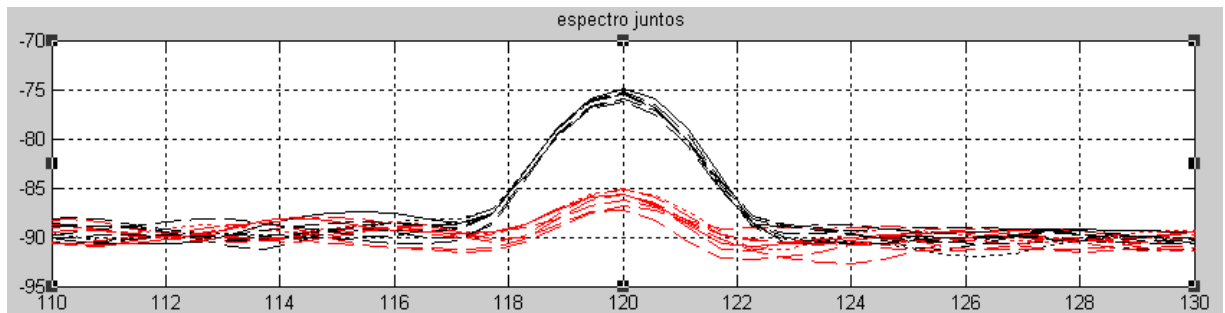
- Zona entre 0 y 4 Hz.



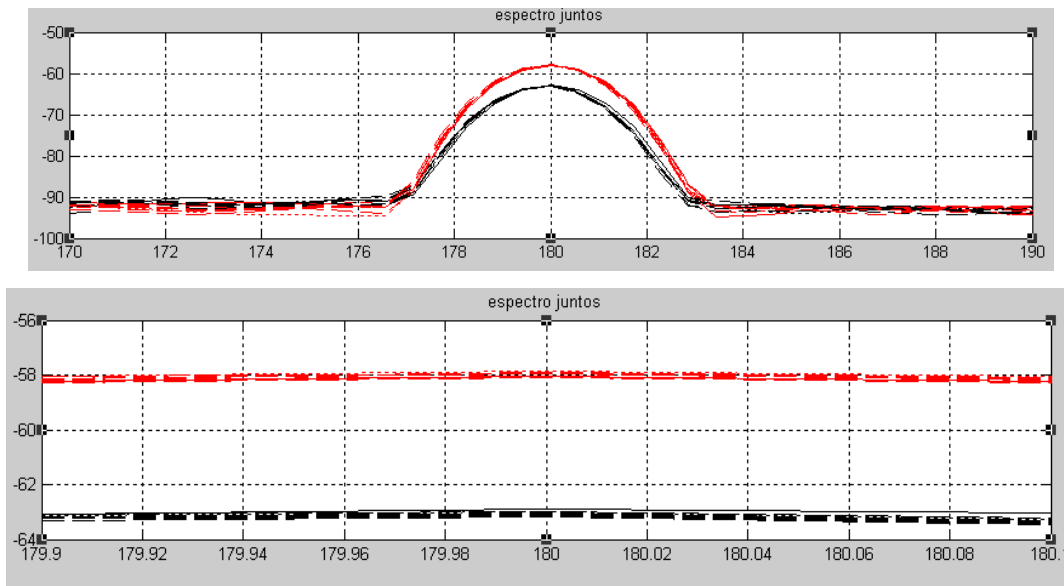
La diferencia en 0,05 Hz es de 8,8 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.



La diferencia en 60 Hz es de 4,4 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

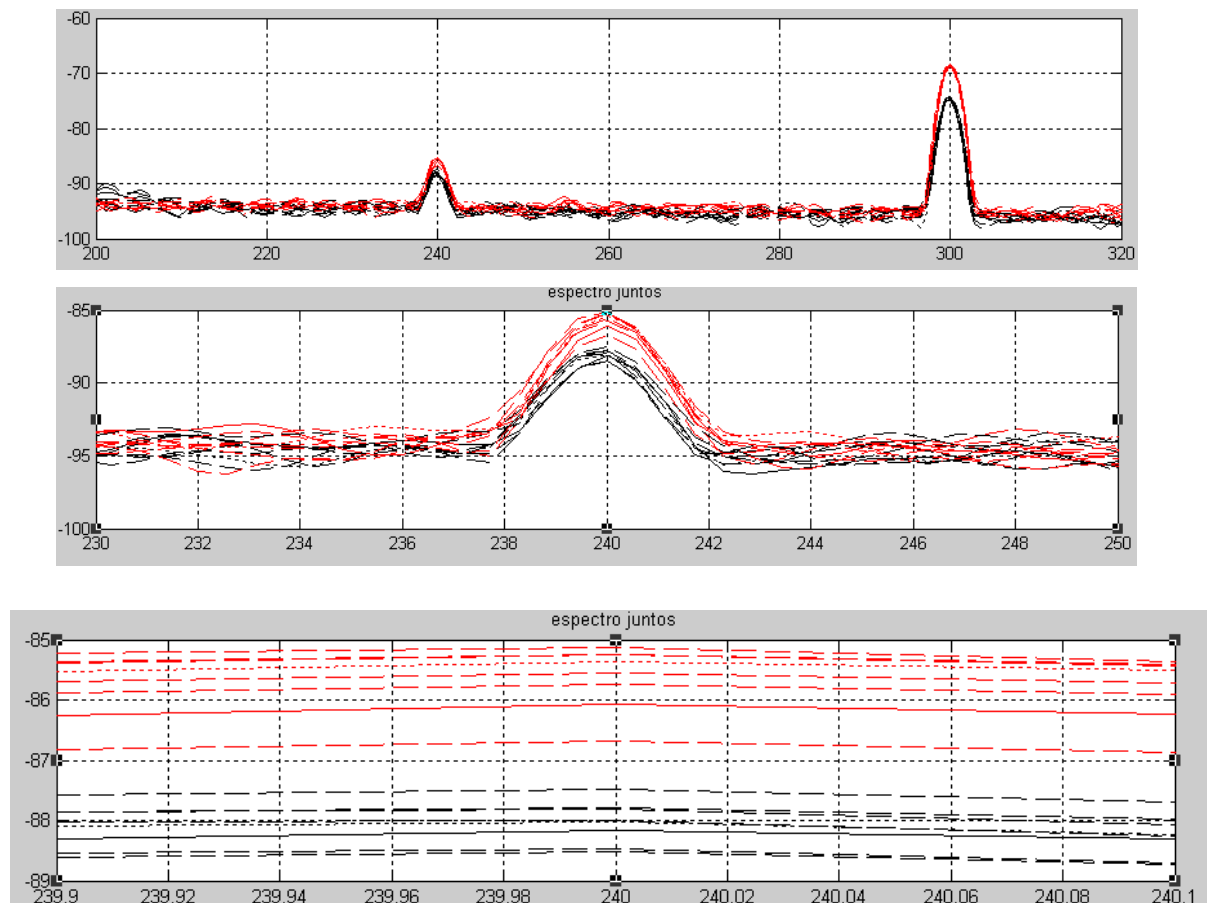


La diferencia en 120 Hz es de 8,5 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

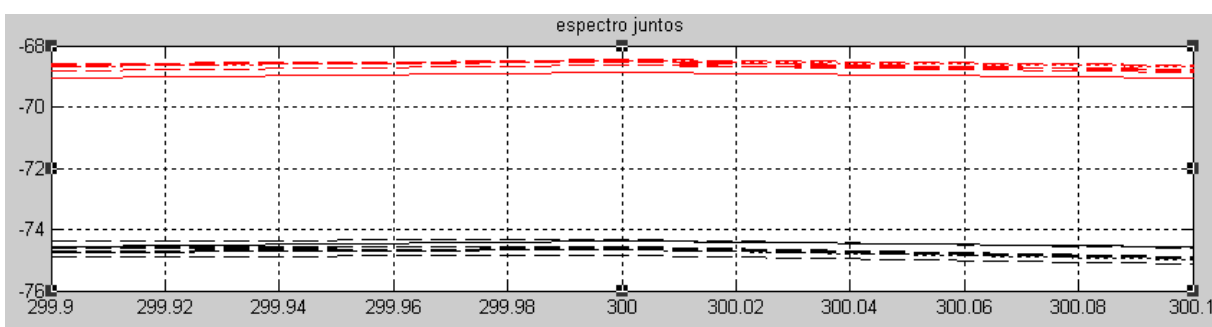
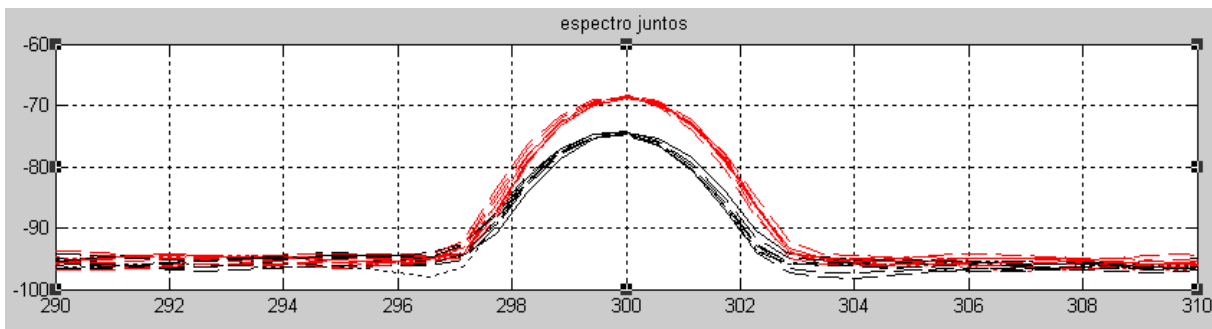


La diferencia en 180 Hz es de 4,8 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 200 y 320 Hz.

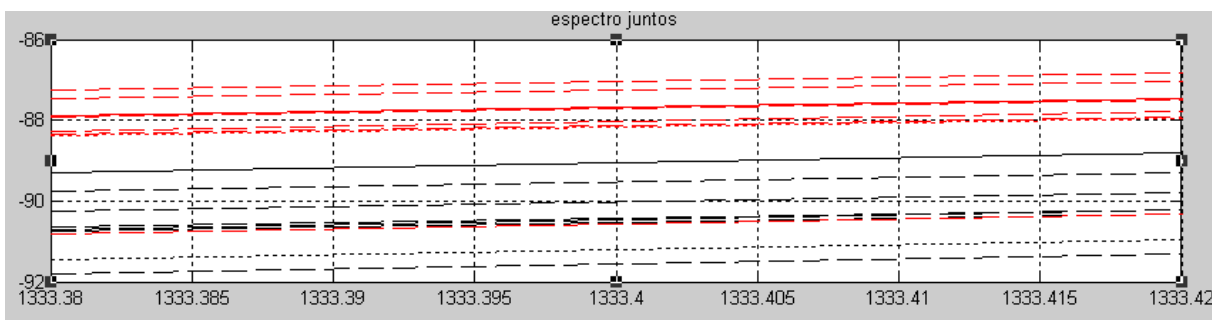
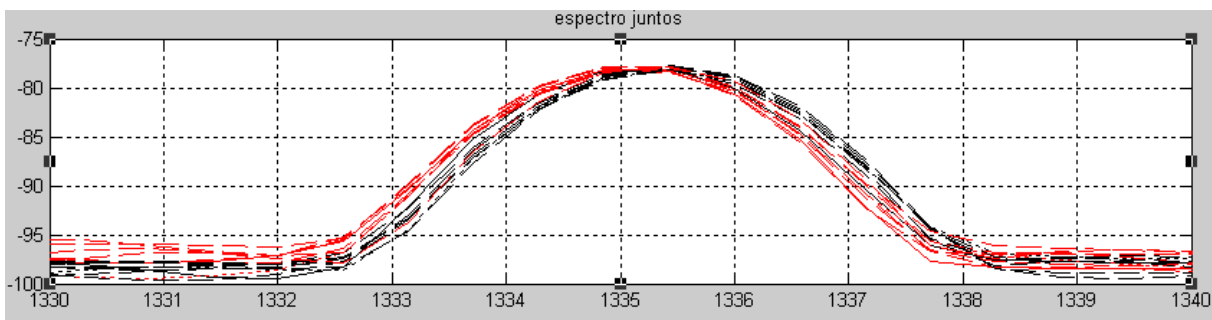


La diferencia en 240 Hz es de 0,8 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.



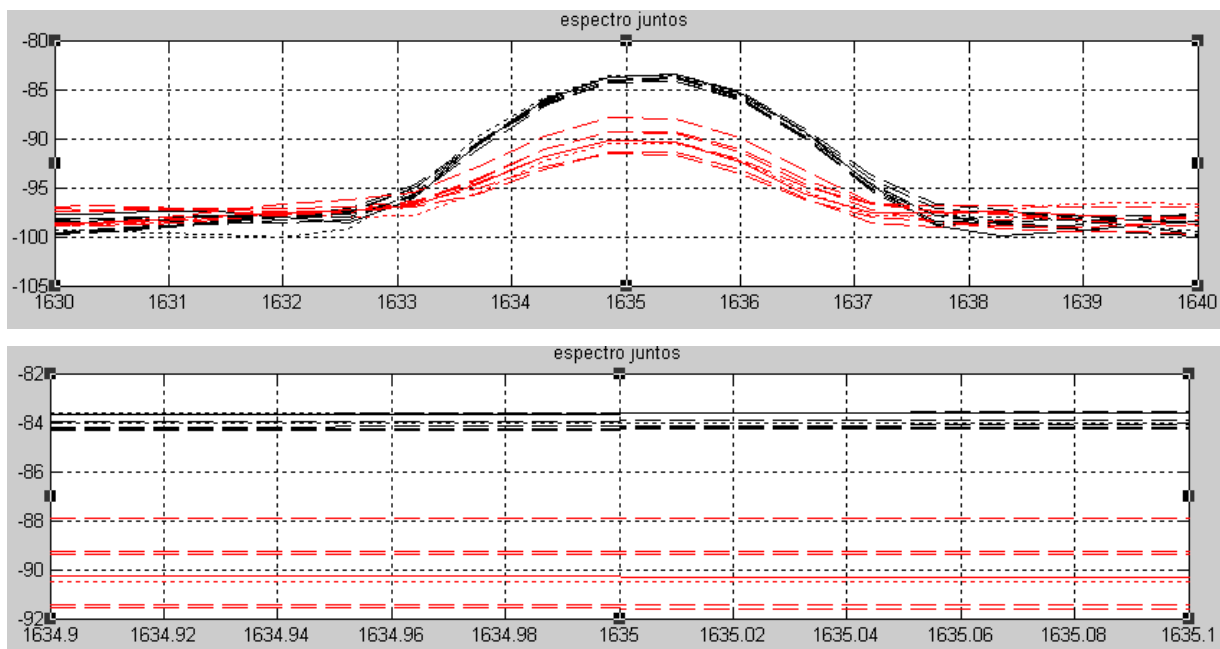
La diferencia en 300 Hz es de 5,2 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 1330 y 1340 Hz.



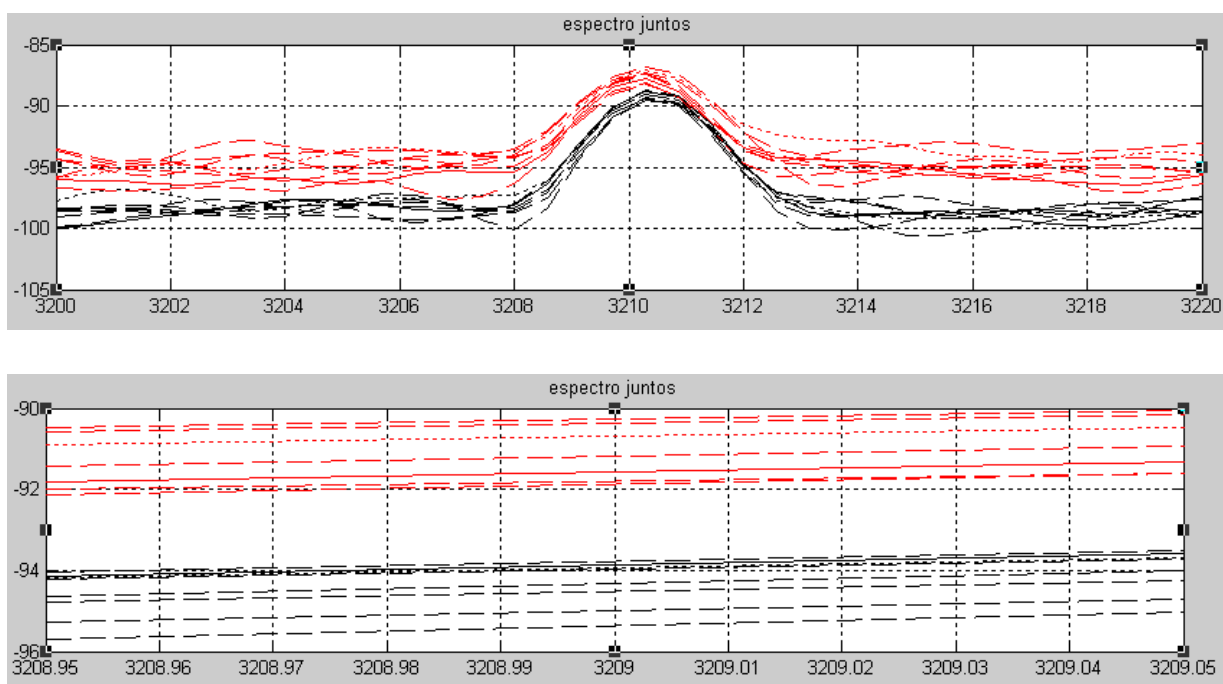
La diferencia en 1333,4 Hz es de 0,85 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 1630 y 1640 Hz.



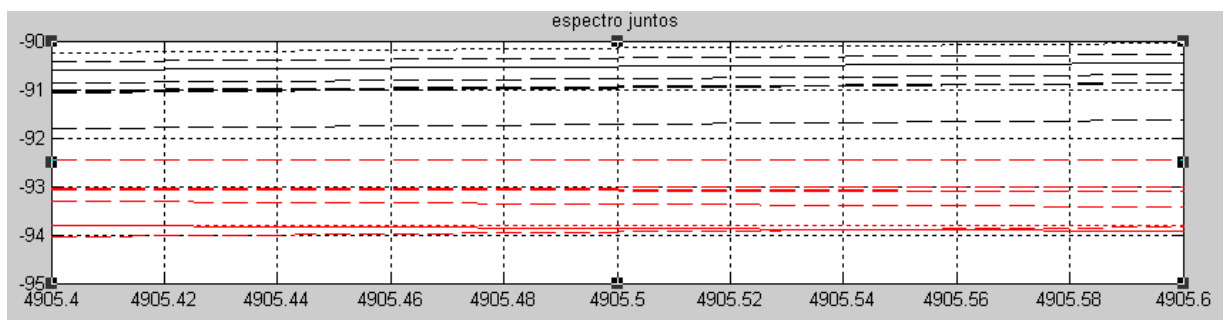
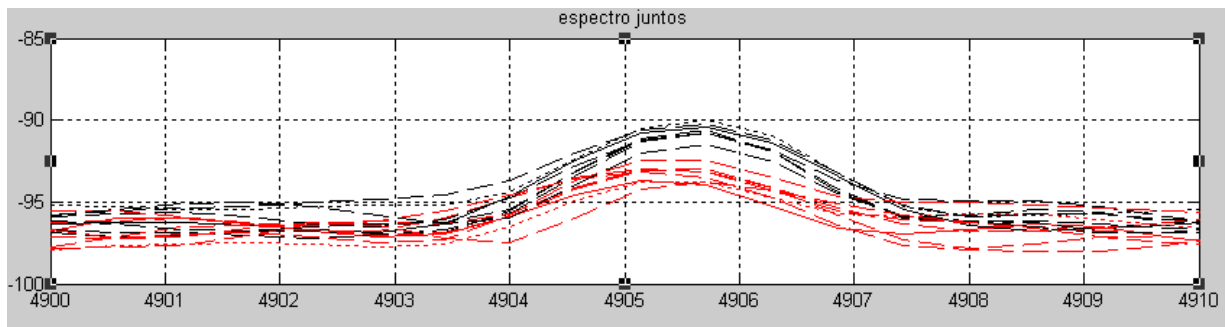
La diferencia en 1635 Hz es de 3,5 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 3200 y 3220 Hz.



La diferencia en 3209 Hz es de 1,7 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

- Zona entre 4900 y 4910 Hz.



La diferencia en 4905.5 Hz es de 0,6 U por lo que es una zona de clasificación de los dos eventos.

F(Hz)	0,05	60	120	180	240	300	1333,4	1635	3209	4905,5
Δ dB	8,8	4,4	8,5	4,8	0,8	5,2	0,85	3,5	1,7	0,6

La mejor zona encontrada para la clasificación es la de 0,05 Hz con 8,8 U de diferencia entre los dos eventos.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Para este tipo de investigación se recomienda utilizar equipos de laboratorio debidamente calibrados y probados, lo que nos exime en cierta manera de incurrir en los errores producidos por las fallas en los diseños que de alguna manera no se ajustan debidamente a los requerimientos que demanda, así como también la pérdida de valioso tiempo en largas pruebas.
2. Se recomienda tomar todas las muestras sin restringir el rango de frecuencia en las lecturas ya que provocaría que se pierda información muy valiosa, cuartando de esta forma el desarrollo científico de este proceso.
3. Se recomienda respaldar toda la información en videos, lo que permitirá y facilitara a futuros investigadores el continuar de forma ordenada y detallada con la investigación en mención.
4. Los métodos y algoritmos usados han demostrado que es posible clasificar variables, bajo distintos estímulos tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia. Para los estímulos que no se encontraron clasificación se recomienda utilizar otros métodos tiempo frecuencia.
5. El proceso que se da a la señal en el programa Matlab, nos facilita y nos ofrece varias ventajas como las que se describen a continuación:
 - Reducimos elementos electrónicos ya que los que se implementan en hardware, también pueden ser implementados en software, como es el caso de los filtros pasa banda.

- El ancho de banda de un filtro digital está limitado por la frecuencia de muestreo, mientras que en un filtro analógico depende de las características eléctricas de los componentes físicos.
 - Al no contener componentes físicos, no sufre desgaste ni limitaciones, propias de los elementos eléctricos.
 - Se recomienda utilizar una malla a tierra para lugares donde haya alto contenido de ruido en el ambiente. Los cables de los electrodos al trenzarlos dieron buenos resultados en la disminución de ruido.
6. Como resultado de innumerables experimentos en los cuales se observaron lecturas que certificaban la existencia de potenciales con componentes de AC y DC, lo que llevo a la conclusión de que habría que utilizar un capacitor para suprimir la componente de DC que no presentaba cambios frente a los diversos estímulos a los que fueron sometidas las plantas cuyo valor esta en el orden de los 5mV, mientras que las componentes de AC están superpuestas en las de DC y oscilan en el orden de los nano voltios hasta algunos microvoltios.
7. Se recomienda repetir cuantas veces sean necesarios todos y cada uno de los experimentos y registrar en forma ordenada toda la información que sea posible de obtener. A la postre esto permite hacer una clasificación mucho más acertada de lo que acontece dentro del organismo vivo de la planta y como se manifiesta en términos de voltaje y frecuencia.

CONCLUSIONES RESPECTO DEL COMPORTAMIENTO DEL EQUIPO UTILIZADO:

1. Se tiene una mayor sensibilidad si se utilizan en la pruebas electrodos de oro y plata que cuando se utiliza electrodos de plata, la forma del electrodo en los dos casos es un limitante al momento de hacer pruebas en plantas que por su naturaleza poseen hojas y tallos muy pequeños o ovalados.
2. Una de las ventajas que posee el banco de trabajo implementado es, que permite obtener datos reales y confiables de los signos vitales de la planta

en el tiempo, para el sistema de ubicación de los electrodos que se ha determinado como optimo H-G-L según la investigación

3. Las cortezas de las hojas suelen estar cubiertas por ciertas sustancias como aceite natural, cera, polvo, otros residuos. Esto merma el contacto eléctrico entre el transductor u electrodo y la superficie de la hoja, siendo necesario remover estas sustancias empapando un algodón con un poco de agua o en su lugar con alcohol antiséptico se recomienda usar bialcohol ya que las hojas son muy delicadas y se resecan fácilmente.
4. El galvanómetro utilizado tiene una sensibilidad insuperable por los equipos conocidos en nuestro medio, lo que nos ha permitido apreciar señales tan pequeñas y variaciones tan ínfimas en el tiempo, además de poseer una arquitectura electrónica que lo hace casi inmune al ruido eléctrico y electromagnético, teniendo un altísimo rechazo en modo común, y una alta impedancia de entrada.

CONCLUSIONES DE LAS PLANTAS FRENTE A LOS DISTINTOS ESTÍMULOS:

Conclusión presencia, ausencia de luz alternadamente.

- En el dominio del tiempo, se pueden observar que hay cambios de voltaje, para las señales con luminosidad “color negro” se observa que guardan un rango de variación que va de $0,7\mu\text{V}$ a $1,2\mu\text{V}$. Las señales sin luminosidad “color rojo” guardan casi el mismo rango por lo que no se puede poner un umbral que permita la clasificación entre estos dos eventos.
- En el dominio de la frecuencia con los métodos utilizados, no se encontraron diferencias para la clasificación.
- En la práctica, con el nano amperímetro se observa que la planta al estar expuesta a la luz, la aguja se desplaza a la izquierda mientras que all

experimentar una ausencia de luz, la aguja se desplaza a la derecha como se observa en el video respectivo.

Conclusión presencia, ausencia de tacto en diferentes hojas alternadamente.

- Los vegetales son muy sensibles al tacto, incluso se observan variaciones significativas en los niveles de bio potencial tan solo con acercarnos.
- Se observan deflexiones rápidas de la aguja del nano amperímetro en cualquiera de los dos sentidos, cuando tocamos cualquiera de las hojas en las que no se ha puesto los electrodos, este fenómeno se puede deber a la carga estática presente en el cuerpo humano y que altera el comportamiento bioeléctrico del vegetal.
- En el dominio de frecuencia las variables encontradas permiten clasificar perfectamente las dos situaciones. La diferencia, justo en 60 Hz, entre -40 unidades y -32.5 unidades es de 8.5 unidades. Entonces, perfectamente podríamos poner un umbral ubicado en la mitad, es decir en -32.5 unidades - 4.25 unidades = -36.75 unidades.

Conclusión ambiente Basal.

- Para nuestras condiciones ambientales de referencia se observa que los valores de bio potencial están comprendidos entre $1\mu\text{V}$ y $2,5\mu\text{V}$.
- No se observan variaciones muy apreciables en el nano amperímetro.
- En el dominio de la frecuencia se observa que hay componentes en las bajas frecuencias, en 40 Hz, 60 Hz y en sus múltiplos, con ganancias menores a los -40 unidades.
- Estas señales serán un referente para realizar el análisis comparativo.

Agua fría en una hoja versus ambiente basal.

- Si bien los niveles de DC permiten observar que existe diferencia, estos niveles no son una buena variable para clasificación pues conduciría a demasiados errores.
- En el dominio de la frecuencia se ratifica, que en la zona de baja frecuencia existe una diferencia entre los dos eventos, aunque estos no sirven para variables de clasificación, pues su repetibilidad no es observable en todos los casos, para el resto del rango de frecuencia no se encontraron variables de clasificación.

Agua caliente en una hoja versus ambiente basal.

- En el dominio del tiempo se observan diferencia en los niveles DC pero estas variables no sirven para clasificación por no tener repetibilidad y encontrarse dentro de los rangos del ambiente basal.
- En el dominio de frecuencias las mejores zonas encontradas para la clasificación son las de 240 y 300 Hz con 1 unidad de diferencia entre los dos eventos.

Agua vertida en raíz versus ambiente basal.

- En el dominio del tiempo se observa una diferencia de 0,1 V , medido en la zona entre 19 y 20 mV entre los dos eventos. Esta es una variable de clasificación.
- En el dominio de frecuencia se tiene en la zona entre 0 y 3 Hz diferencia entre los dos eventos, pero no es para todos los casos, por lo que se descarta como variable de clasificación.
- El mejor resultado que se obtuvo para la clasificación, con una diferencia de 5 unidades en 1635 Hz entre los dos eventos.

Música instrumental versus ambiente basal.

- Si bien los niveles de DC permiten observar que existe diferencia, estos niveles no son una buena variable para clasificación pues conduciría a demasiados errores.
- El resultado más significativo se obtuvo para la clasificación, con una diferencia de 7,85 unidades, en 180 Hz entre los dos eventos.

Música Rap versus ambiente basal.

- Si bien los niveles de DC permiten observar que existe diferencia, estos niveles no son una buena variable para clasificación pues conduciría a demasiados errores.
- En la zona entre 0 y 3 Hz se observó una diferencia de 1,75 unidades, lo que quiere decir que a pesar de no observar diferencias en el dominio del tiempo, en frecuencia sí se las puede observar, siendo independientes en este caso para la clasificación.
- Para las otras zonas el resultado más significativo se obtuvo para la clasificación, con una diferencia de 10 dBs en 120 y 180 Hz.

Acústica de guitarra versus ambiente basal.

- Si bien los niveles de DC permiten observar que existe diferencia, estos niveles no son una buena variable para clasificación pues conduciría a demasiados errores.
- Para las otras zonas el resultado más significativo se obtuvo para la clasificación, con una diferencia de 13,1 unidades, en 120 Hz.

Música rock versus ambiente basal.

- Si bien los niveles de DC permiten observar que existe diferencia, estos niveles no son una buena variable para clasificación pues conduciría a demasiados errores.
- En la zona entre 0 y 3 Hz se observó una diferencia de 1,2 unidades, lo que quiere decir que a pesar de no observar diferencias en el dominio del tiempo, en frecuencia sí se las puede observar, siendo independientes en este caso para la clasificación.
- Para las otras zonas resultado más significativo se obtuvo para la clasificación, con una diferencia de 7,5 unidades, en 120 Hz.

Música heavy versus ambiente basal.

- Si bien los niveles de DC permiten observar que existe diferencia, estos niveles no son una buena variable para clasificación pues conduciría a demasiados errores.
- En la zona entre 0 y 3,4 Hz se observó una diferencia de 3,57 unidades, lo que quiere decir que a pesar de no observar diferencias en el dominio del tiempo, en frecuencia sí se las puede observar, siendo independientes en este caso para la clasificación.
- Para las otras zonas el resultado más significativo se obtuvo para la clasificación, con una diferencia de 14,37 unidades, en 120 Hz.

Ausencia de luz versus ambiente basal.

- Si bien los niveles de DC permiten observar que existe diferencia, estos niveles no son una buena variable para clasificación pues conduciría a demasiados errores.
- Para las otras zonas el resultado más significativo se obtuvo para la clasificación, con una diferencia de 11,87 unidades, en 120 Hz.

Ausencia de luz acompañado de música instrumental versus ambiente basal.

- En el dominio del tiempo se observa una diferencia de 0,07 V medido en la zona entre 0 y 1 V entre los dos eventos. A esta se la puede considerar una variable de clasificación.
- En el dominio de frecuencia se tiene en la zona entre 0 y 3 Hz una diferencia de 8,8 unidades, en 0,05 Hz.
- Para este experimento se tuvo el resultado en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia, lo que las dos variables nos servirían para la clasificación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- [1]. Stefano Mancuso; Sergey Shabala , RHYTHMS IN PLANTS, primera edición, Springer Science, Germany, 2007.
- [2]. Lehninger Albert, BIOENERGÉTICA, segunda edición, Fondo Educativo Interamericano, California, 1975.
- [3]. Yokogawa Electric, Electronic Galvanometer type 2709, IM 2709-01E, Japan, febrero 1982.
- [4]. Bird, Chistopher, Gran libro de la radiestesia, Ediciones Martínez Roca, S.A., Barcelona, España, 1993, 448p.
- [5]. Lufriu Díaz Leodegario; Información actualizada sobre los fundamentos físicos de la Radiestesia. ONIITEM , C. De la Habana,1995.
- [6]. Lufriu Díaz Leodegario; Fundamentos físicos de los sensores biológicos.

PAGINAS WEB

- [7]. http://images.google.com.ec/imgres?imgurl=http://fichas.infojardin.com/foto-perennes-anuales/mimosa-pudica.jpg&imgrefurl=http://liberacionahora.wordpress.com/2010/04/06/las-plantas-seres-sensibles-e-inteligentes-dotadas-de-conciencia-grupal/&usq=__z0hx5jA0fEL2mK54XrH-dkjVpU0=&h=270&w=337&sz=15&hl=es&start=1&um=1&itbs=1&tbnid=BDQrhxSwKvYQ9M:&tbnh=95&tbnw=119&prev=/images%3Fq%3DBird%2BChistopher%2Bvegetal%2Bplanta%26um%3D1%26hl%3Des%26sa%3DG%26tbs%3Disch:1
- [8]. <http://images.google.com.ec/imgres?imgurl=http://tejiendoelmundo.files.wordpress.com/2010/01/cleve-backster-experimentos.jpg&imgrefurl=http://teji>

- endoelmundo.wordpress.com/2010/01/31/investigaciones-sobre-los-sentimientos-de-las-plantas/&usg=__zUIFUIzLb2fH4kjectVvQC6Q10f4=&h=631&w=458&sz=26&hl=es&start=7&itbs=1&tbnid=jpdXcXi0-ixabM:&tbnh=137&tbnw=99&prev=/images%3Fq%3Dcleveland%2Bbackster%26hl%3Des%26sa%3DG%26gbv%3D2%26tbs%3Disch:1
- [9]. http://www.youtube.com/watch?v=z9dP9F5nKpY&feature=player_embedded
- [10]. http://www.etsmre.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_11.htm#Introducción
- [11]. <http://www.radiestesiaargentina.netfirms.com/radmundo/lufriu.html>
- [12]. http://images.google.com.ec/imgres?imgurl=http://www.euita.upv.es/VARIOS/BIOLOGIA/images/Figuras_tema15/Figura15_12.jpg&imgrefurl=http://www.euita.upv.es/VARIOS/BIOLOGIA/Temas/tema_15.htm&usg=__LvqqxKfDt8p7tfbyIM1uqUVWD7w=&h=608&w=700&sz=37&hl=es&start=1&um=1&tbnid=uj5OLkMil-KV0M:&tbnh=122&tbnw=140&prev=/images?q%3Dfotoperiodo%2Bvegetal%26hl%3Des%26sa%3DN%26um%3D1
- [13]. http://images.google.com.ec/imgres?imgurl=http://www.condesan.org/publicacion/Libro05/images/Fig6est0.JPG&imgrefurl=http://www.condesan.org/publicacion/Libro05/cap4.htm&usg=__tf38qJdAMAWpAtmEf5cbzW5JdwE=&h=229&w=231&sz=13&hl=es&start=75&um=1&tbnid=rDrYY4CTNmHDqM:&tbnh=107&tbnw=108&prev=/images%3Fq%3DTRABAJO%2BOSMOTICO%2BVOLTAJE%2BVEGETAL%26ndsp%3D20%26hl%3Des%26sa%3DN%26start%3D60%26um%3D1
- [14]. http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_impedancia_bioel%C3%A9ctrica
- [15]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Fotos%C3%ADntesis>

ANEXO 1

NANO AMPERIMETRO 2709 YEW

CAUTION

1. The input connector shell is connected to the guard terminal G. Therefore, do not touch the input connector when G is connected to a high voltage circuit.
2. Generally, if the earth terminal E is connected to a proper point of the circuit to be measured, the measurement will be stable without any special attention to the guard terminal.
3. Adjustment of open zero resistor should be performed carefully in such a manner as described in this manual, by connecting a recorder to the recorder output terminals.
4. Do not care for the mechanical zero shift of the meter when the power switch SW3 is turned off.

The zero adjustment of this instrument is performed as follows: first, adjust the mechanical zero of the meter at 50mv range after the power switch is turned on. Next, adjust the electrical zero by turning the zero adjusting dial RV11 at 5uv range, and there will be no zero shift at every range.

NOTE

Before operating the instrument from an AC power supply, confirm that the power source selector switch on the instrument rear panel is turned to the AC position.

If this switch is turned to the DC power source, the power switch on the instrument from panel is disabled, and the power pilot lamp does not light.

The instrument is operated by connecting external batteries to the DC power source terminal on the rear panel and turning the power source selector switch to the DC position³.

1. INTRODUCTION

ELECTRONIC galvanometer 2709 is a modulation type DC amplification indicator which can detect and measure a minute voltage or current.

This is primarily used for a zero method measurement like a bridge or a potentiometer, and in case of this galvanometer, the direct reading of voltage or current and the measurement of resistance value can be made by a deflection method.

Conventionally, a suspension type galvanometer is used for the zero method measurement of high sensitivity, which is associated with such encumbrance so that measurement can be performed as simply and speedily as an ordinary tube type voltmeter.

The following are the major features of this instrument.

1. When the sensitivity is set at maximum, the current sensitivity reaches 0.2nA/div. which is at the same level with the highest current sensitivity available by a suspension type galvanometer. The voltage sensitivity is $0.2\mu\text{V/div.}$ at its maximum, which does not become smaller because there is no need to connect a damping resistance.
2. Speed of response is high.
3. Operation is simple.
4. As a chopper incorporating a field effect type transistor is used, drift by temperature is small and no deterioration is seen even if it is used for a long time.
5. The design itself ensures good common mode rejection against either DC or AC so that neither guard nor earth is required for the measurement of a general nature. If the guard terminal and earth terminal are utilized, more stabilized measurement can be made.
6. This galvanometer can be used as a DC amplifier because an output voltage in proportion to the indicated value is available within the range of $\pm 5\text{mv.}$
7. Being provided with a suppressing circuit, the galvanometer can be arranged not to scale out even if an input of approximately a hundred times as high as the full scale is put in.

2. SPECIFICATION

1. Measuring range +-5, 50, 500uv, 5, 50mv
 +-5, 50, 500nA, 5, 50uA
2. Maximum sensitivity 0.2uV (nA)/div
3. Deflection error +-10%
4. Suppression ratio of suppression circuit 1/100
5. Input impedance 1Kohmio
6. AC normal mode rejection ratio (50, 60 hz)
7. There is no influence on indication if a commercial frequency of 1000 times as high as the full scale is put in besides the signal.
8. AC and DC common mode rejection ratio (the value at 200Vrms, in case of AC)
 - a. In case that the guard terminal is utilized: not less that 180db

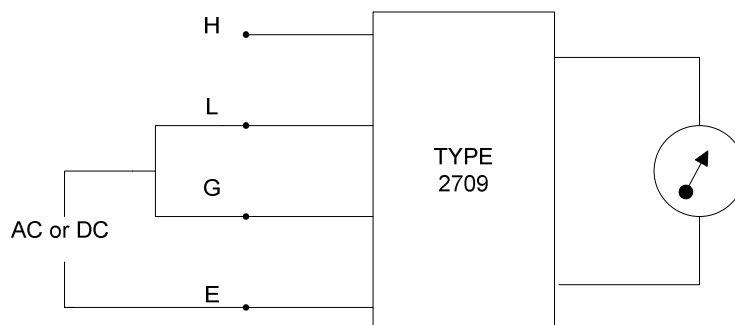


Figura. 2.1b. in case of the worst connection: not less that 140 db

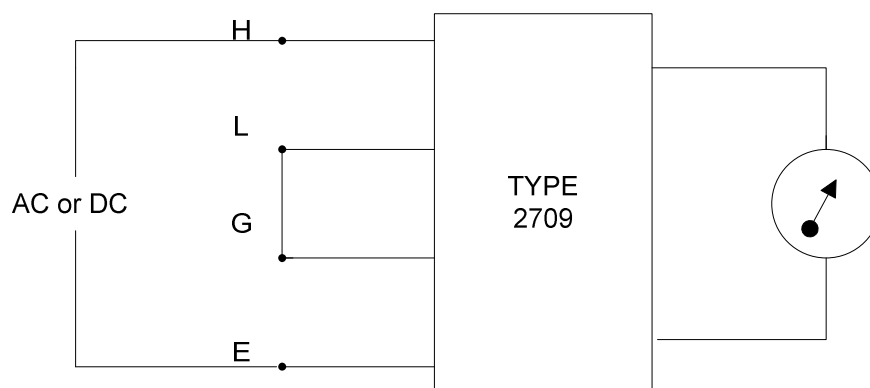


Figura. 2.28. Withstand voltage of input circuit:

AC 500 V p-p or DC 500V in L(H) ~ G, G ~ E or L(H) ~ E

9. Output terminal 0+-5mv +-5%, linearity +-0.5%
10. Noise: in case of the range of +-5uV (+-5nA) in terms of input.
Less than 0.1uV (nA) p-p, (23 °C)
11. Drift: less than 0.5uV/day (in case when a room temperature change is about 5°C/day)
12. Allowable input: less than DC, AC5V (p-p) or 200mA (p-p) between H ~ L
13. Response time of indication: the time in which the pointer reaches within +-1.5% of final indication
Approx 1.3 sec (5uV range)
Approx 0.5 sec(other range)
14. Power source (AC or DC)
AC 100V +-10V
AC 220V +-20V approx 2VA 50 Hz or 60 Hz
DC 16V ~ 27 V approx 30mA
15. Outer dimension and weight
Approx 149x228x365 (mm)
Approx 6kg

3. OPERATION

3.1 Out-side view and control arrangement

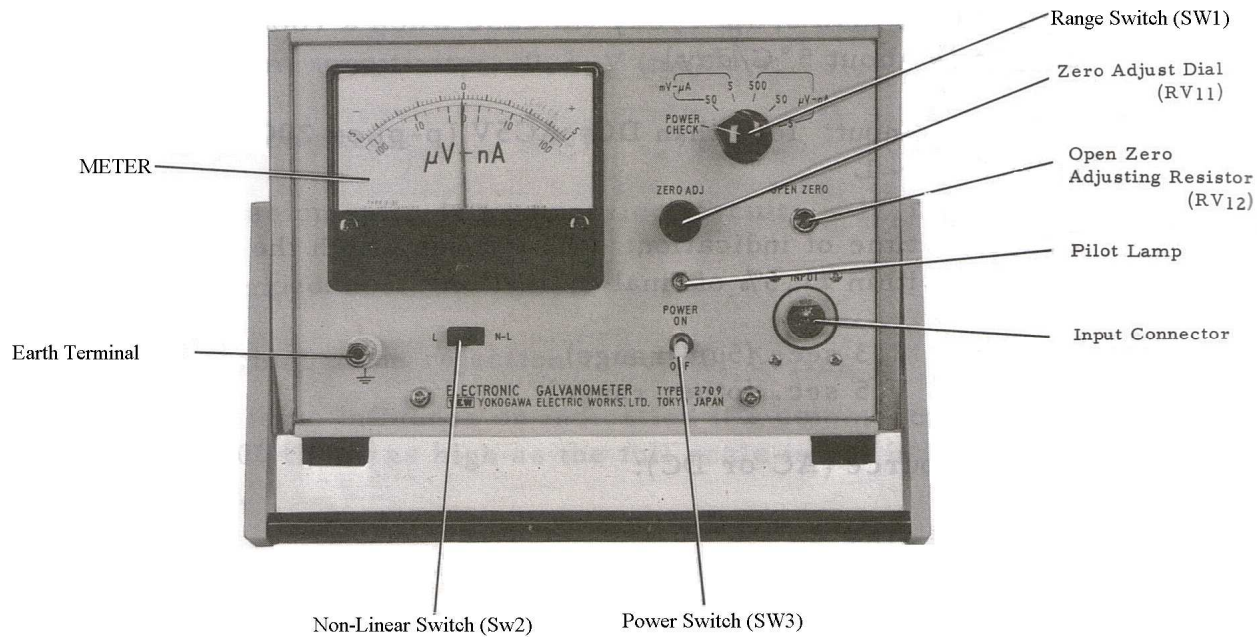


Figura. 3.1

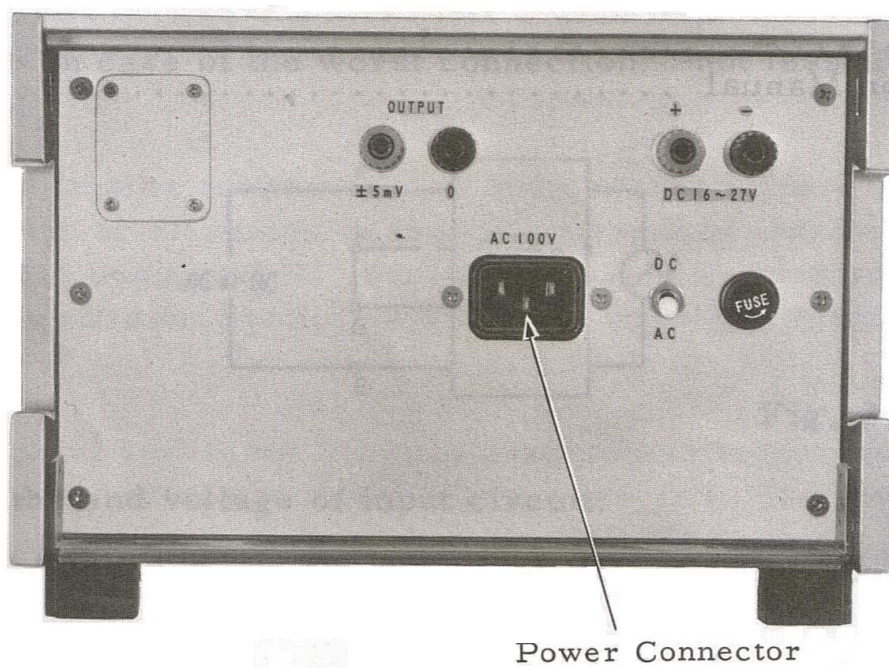


Figura. 3.2

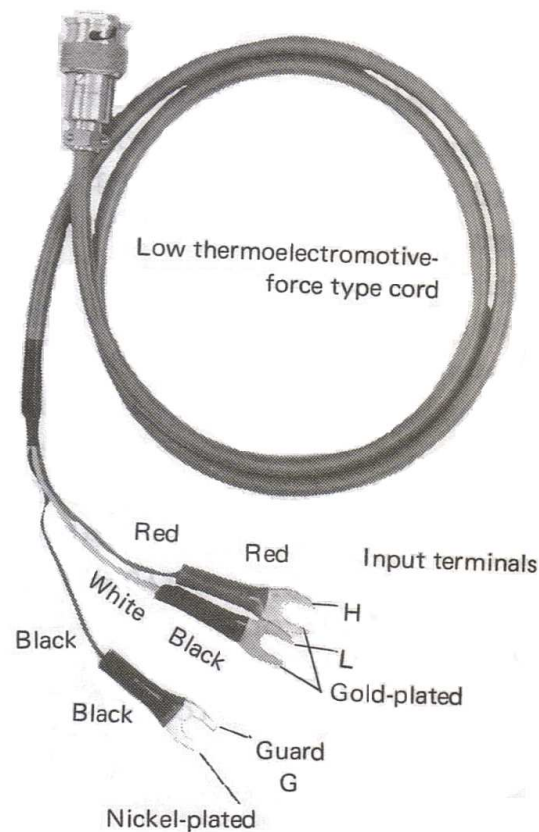


Figura. 3.3

3.2 Operation

1. Turn-on of power

In case of AC, after the power connector is plugged in, and in case of DC after 24V dry cells are connected with the DC power terminal, the power switch is turned on either for AC or for DC recording to the relevant power source.

Whit the range switch set at power check and the power switch at on, the power is supplied to set circuits in operation. It must be confirmed at this time that the pointer of the indicator is within the check mark (red)

2. Connection of input terminal

Selection of input cord

- a. In case where the impedance of the circuit to be measured is less than 10k or so and a high sensitivity measurement is required, a low thermo electromotive force type cord (its tip is made of a piece of gold plated copper) has to be used.
- b. In case where the impedance on the side of circuit to be measurement is sufficiently high in comparison with 10k or where the range switch is set 500uV ~ 50mV even though the said impedance is low it is possible to use the suitable measurement cord prepared by the user.

It is requested to connect either of the above cords with the input connector, and the terminals H and L of the cord with the terminal of the circuit to be measured

In general, the said connection is enough to perform measurement, but if a high sensitivity measurement is required, if the impedance between the earth and the input terminal is high or if an induction by a commercial frequency is easily expected, the use of the guard terminal G or the earth terminal E is recommended in reference to the item 3.3

3. Zero adjustment

The zero adjustment has to be made in two cases: one is a case where the zero point of this instrument is adjusted, and the other is a case where zero point is adjusted including a residual voltage due to thermo electromotive-force, etc. of the circuit to be measurement.

In case of the measurement by a bridge, the power source in the circuit to be measured (for instance, dry cells in the bridge) has to be removed at first, and then zero adjust dial is turned to bring the indication at zero. In this case, it is most preferable to carry out the final zero adjustment in such a state as most similar to the actual measuring state (in other words, in a state that the bridge is almost balanced) because the thermo electromotive- force in the circuit is set off.

In such a case as low voltage measurement by a potentiometer, zero adjustment has to be made after the input terminal of this instrument is short-circuited or opened. It is ideal to carry out zero adjustment after it is short-circuited if the impedance of the circuit to be measured is below 1k. on the other hand, if it is over 1k, it is ideal to perform the adjustment after it is opened.

In the above cases, if there should be a zero shift under short-circuited condition and opened condition, it is requested to set the shift off by referring to the item 3.4

4. Measurement

When the zero adjustment is made and the measuring circuit is connected, voltage or current to be measured is indicated.

If the non-linear switch is turned to L (linear), the indication is in proportion to input voltage or input current. If it is turned to N-L (non-linear), a suppression circuit is set in operation and the sensitivity hardly changes in case where input is near zero.

Then, the indication is made in such a way that it shows almost full scale only when an input 100 times as high as the full scale value. An example of the indication in case where the non-linear switch is set at N-L for 5uV, is shown in Fig 3.4. this is convenient if you use for a case where a high sensitivity measurement is made gradually after rough adjustment by a bridge, etc. at first.

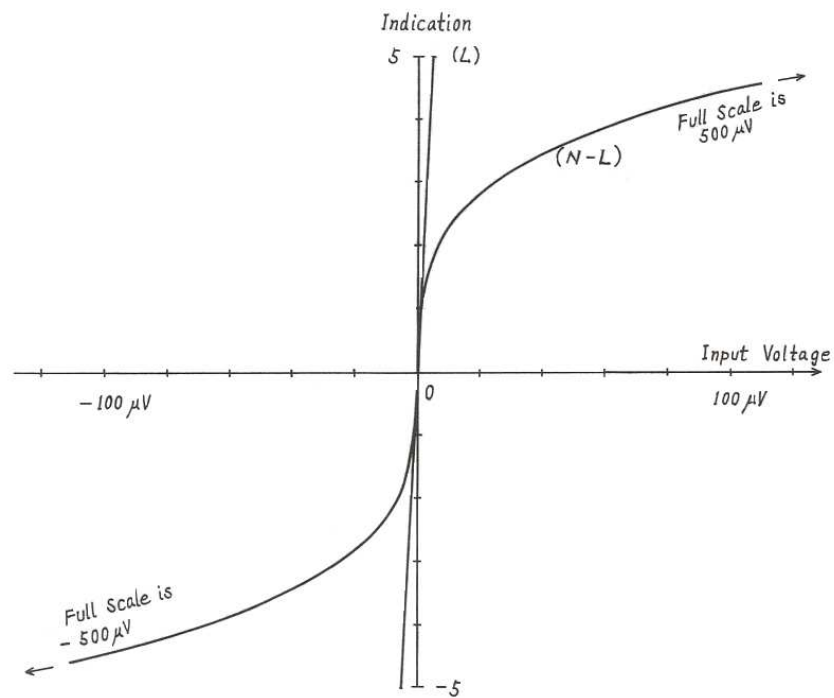


Figura. 3.4

3.3 correct usage of earth terminal E and guard terminal G

The relation between earth terminal of this instrument and the input circuit is as shown in figure below.

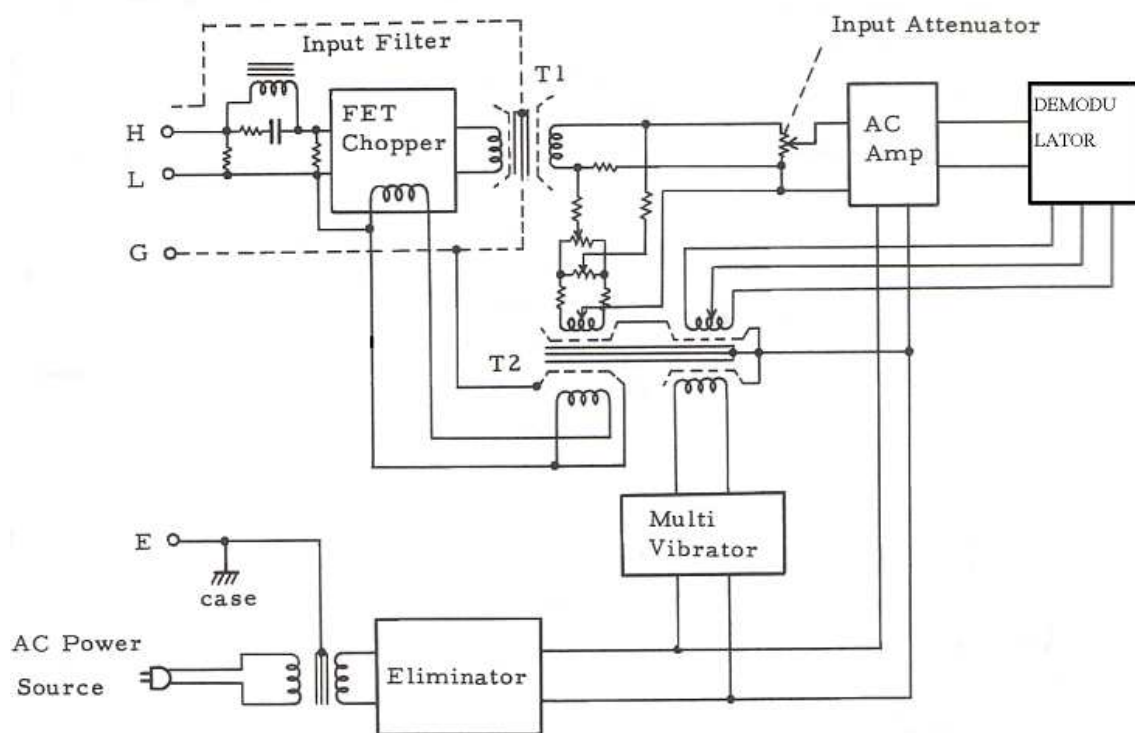


Figura. 3.5

3.3.1 On earth terminal E

As the earth terminal E is connected with the shield case of the power transformer and the earth of amplifier, no connection of this terminal E causes AC current to be generated between this and the input terminal H and L, or a leak current to flow through the case. Accordingly, in the event that the indication is unstable at the time when the measuring circuit is touched by a hand, the terminal E has to be connected at the points shown below.

For this purpose, a method has to be considered from both the points of influence by a commercial frequency and influence by a commercial frequency and influence by the leak current.

1) Disposal of a commercial frequency

There is no influence at all on the indication if AC voltage between the circuit to be measured and E is less than 100V but there may be some in the following cases. For instance, they are the cases that the indication is not stabilized immediately when a hand is brought near its circuit, or when one end of the circuit to be measured is connected with the terminal L. Countermeasures for these can sometimes be made by connecting the terminal E in the following way even though it must be considered, taking the guard terminal G and the input terminal L and H into account.

If an end of the circuit to be measured is earthed, the terminal E has to be earthed too. If neither end of the circuit to be measured is earthed, the terminal E is connected at the point which is most easily influenced by the induction due to a commercial frequency in the circuit to be measured. For instance, if a power smoothed and rectified from AC is used in a bridge, an end of such power is to be connected with the terminal E. (fig 3.7 3.10)

Further there are certain cases where a point in the measuring circuit is to be touched by a hand electrically, and in such a case, the point is connected with the terminal E.

2) des position of DC leak current

In the event that a certain point in the circuit to be measured is earthed, the terminal E is to be earthed also. Further in the event that a certain point in the circuit to be measured has a relatively low insulation resistance and is connected with the earth or AC power source (an instance is shown in Fig 3.6) the terminal E is connected with such point in the circuit to be measured.

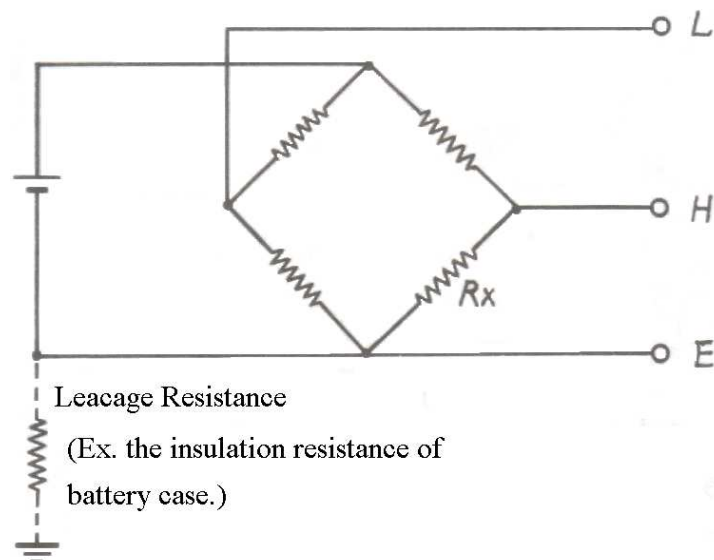


Figura. 3.6

If the terminal E is connected with any other point, a leak current may flow from the point connected with the terminal E, through the rubber foot of the case of this instrument or an operating desk, or through AC power source.

Further if voltage between the terminal E and the input terminal H and L changes to a great extent the example in the next item must be referred to.

If neither of the above cases, the guard terminal G or the earth terminal E is not necessarily used but if the end L of the earth terminals is connected with the terminal E, more stability is ensured.

3.3.2 on guard terminal

With respect to the guard terminal, considerations must be given from the views on disposals of a commercial frequency and a DC leak current alike. In general, however, the use of the earth terminal E prevents any unfavorable effect of AC of any commercial frequency. When the terminal guard terminal is utilized a basic

thinking must lie in the purpose to prevent any leak current from the measuring terminals H and L to the earth terminal E in the input circuit of this instrument by means of guard G.

An example of an inequivalent resistance in the input circuit of 2709 is shown in fig 3.7

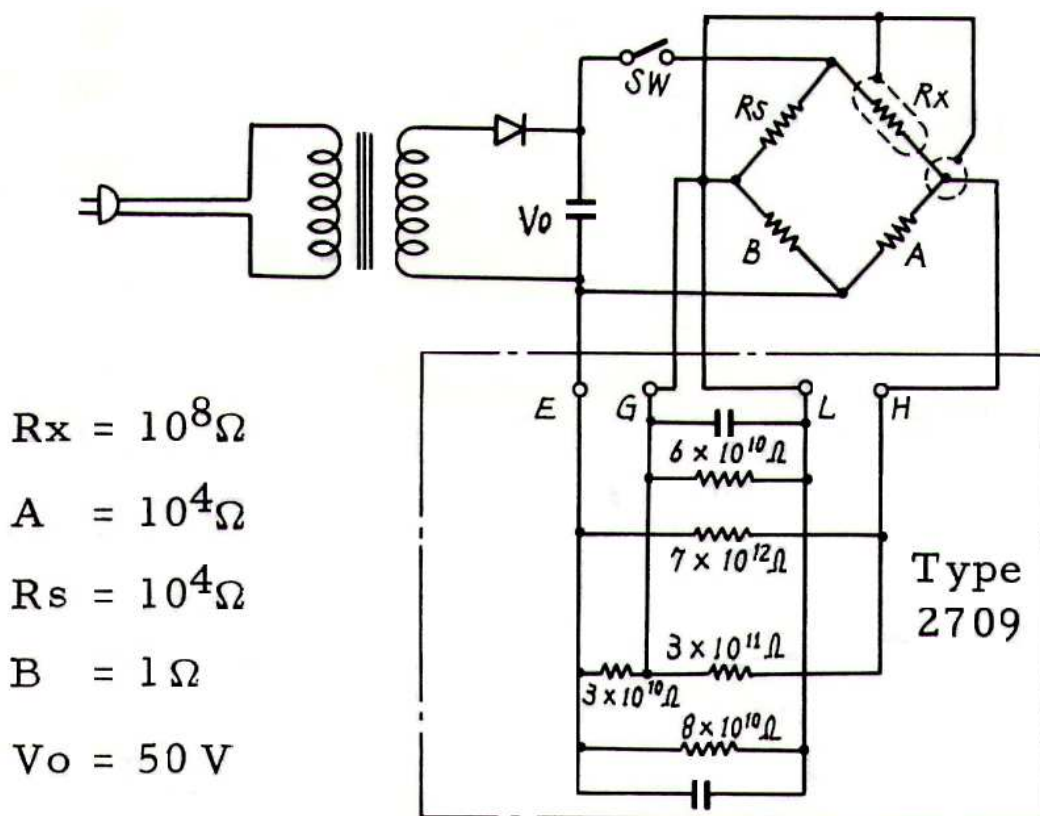


Figura. 3.7

Judging from this value, it may be the same wherever G and E are connected in the bridge in so far as the bridge in the figure is concerned. It is preferable, however, that the indication is set quickly after the SW in the figure. Therefore, the connection is preferably made with the point in the middle of the resistance A and B so that an absurd change of voltage between L or H and E at the time of opening of SW may be prevented.

And in case where the guard G is connected as show in figure below, there is no problem because the leak resistance of G and E becomes 1 ohmio in parallel (in the instance, 3×10^{10} ohmio), and if the guard of Rx is connected with the same point, there is almost no problem because the leak resistance of the guard of RX becomes in parallel with 10k of Rs.

Next, a deflection method to measure current is to be explained.

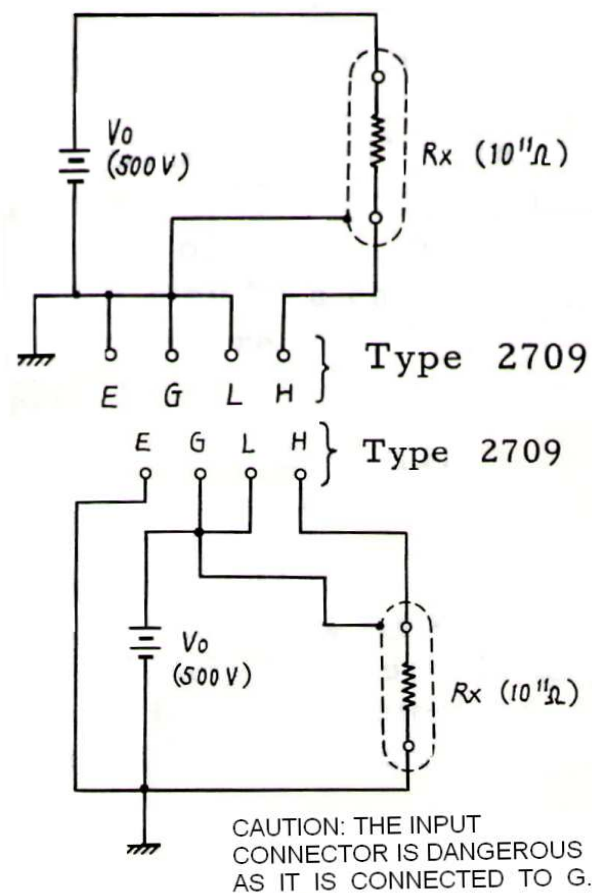


Figura. 3.8

In case of a measuring under a high voltage, it is recommended to follow the way shown in fig. 3.8 as far as possible. Only in inevitable cases, a method shown in Fig.3.9 is employed. In such case, a special caution is requested with the guard terminal G. Further if V_0 is set more than 500V, terminal E is to be connected with the same point as the guard terminal G is connected with, in view of the insulation of G, L, and E inside this instrument, provided that in this instrument is dangerous if it is touched.

In case of a potentiometer, it is ideal to set up as in fig. 3.10 provided, however that E_x is supported by such insulation resistance that can be neglected in comparison with R_1 and R_2 .

On the contrary, if e_x is earthed, the terminal E must be connected with the point which is earthed, so that the insulation may be kept at a high level between the earth and E_s and between E_s and the power source.

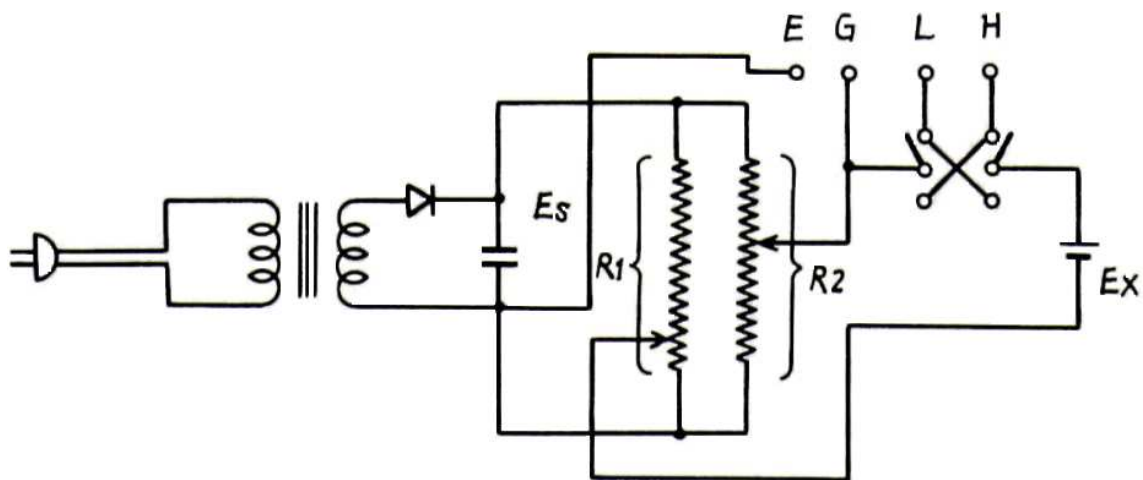


Figura. 3.10

In case of a conventional potentiometer, there is no terminal for guard. Accordingly it is not always necessary to use the terminal G . even in this case, if the internal impedance of E_x is high enough in comparison with $1k$, a detection sensitivity is available for 7 digits or more. (note 1)

Note 1. The above-mentioned value of 7 digits is the value of the common mode rejection ratio under the status in which L and G become idle after being connected and H and E are impressed with voltage.

3.3.3 input terminal H and L

As is seen in fig 3.7 which is an example of the equivalent input circuit of this instrument, H has less direct leak resistance and floating capacity to G and E than L . Especially, the direct leak resistance and capacity between H and E is zero in principle and is almost negligible in actuality. Therefore, as in case of fig. 3.7 and

fig. 3.9 H is connected with one of the two terminals for measuring from which leak current is not allowed to flow to the terminal E, while L and G is connected with the other terminal from which leak current may flow to E more or less.

3.4 adjustment of open zero

In the event that an equivalent thermo electric motive-force as is shown in fig. 11 (or an equivalent DC noise current) is generated between H and L in the input circuit, the zero point of the indicator is different in case of opening of the same.

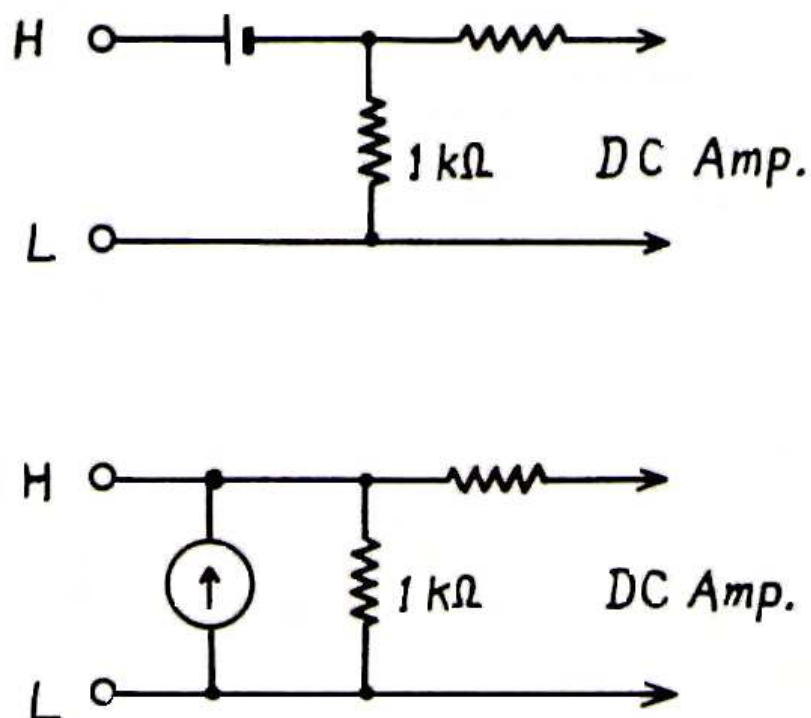


Figura. 3.11

This brings about such inconvenience that zero point is deviated when the DC impedance becomes large or small in comparison with 1k. further if voltage with lower impedance than 1k is to be measured, this equivalent thermo electric motive-force becomes the error when zero adjustment is made after the measuring circuit is open.

In general, this thermo electric motive force is of so small value that it does not matter. If it becomes large, it has to be set off in a following way, provided that if this adjustment is made at the time of absurd change of a room temperature or immediately after such change, there may be a case where readjustment is required after the temperature is stabilized.

At first, low thermo electric motive force type cord is plugged in the input terminals L and H are piled and tied with an appropriate terminal. After such is left for some time, zero adjustment is made, setting the range switch at 5uV range. Then, if, upon removing only H from the terminal, the indication is moved, the OPEN ZERO volume has to be turned to the opposite direction by 8-10 times as much as its indicated value so as to remove the indication. After this, H is again tied and the zero adjustment is made, and removing H, the aforementioned open zero volume is adjusted. Such adjustment has to be repeated until the indication remains unchanged whether H and L are short-circuited or open.

The equivalent circuit of this open zero volume is as shown fig 3.12

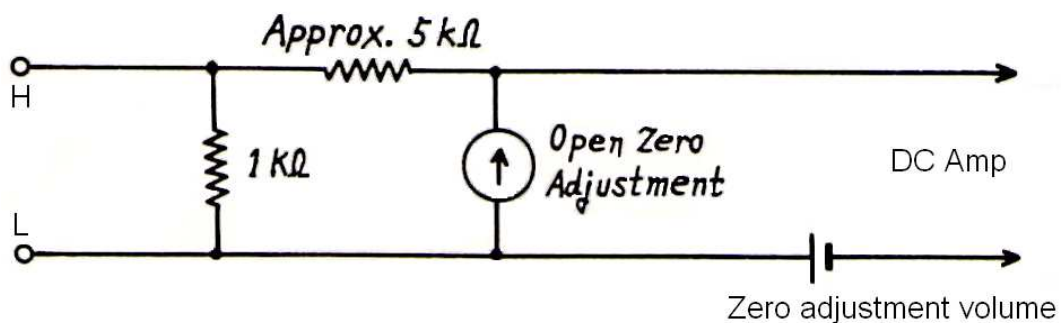


Figura. 3.12

3.5 On over input power

This instrument is designed to able to indicate up to approximately 5V when non-linear switch is turned to N-L at 50mV range.

It is, however, not preferable for the circuit to be impressed with such a high voltage because the semiconductor chopper is used in the input circuit. Further in case where an over input is fed, a few seconds or a few ten seconds is needed

before the indication becomes stable at the maximum range. Accordingly, it is requested to pay attention to eliminate over input as much as possible.

4. PRINCIPLE OF OPERATION

The block diagram of this instrument is shown in Fig. 4.1 and the outline construction is shown in Fig. 4.2

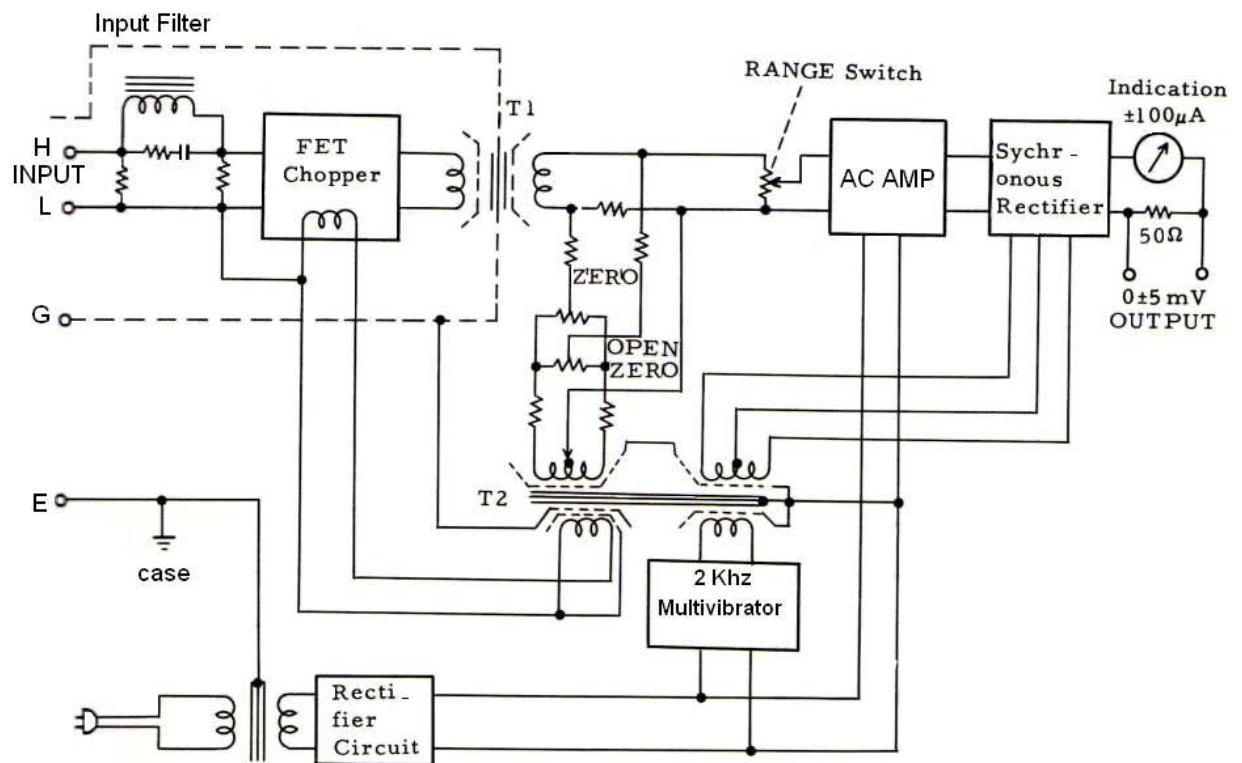


Figura. 4.1

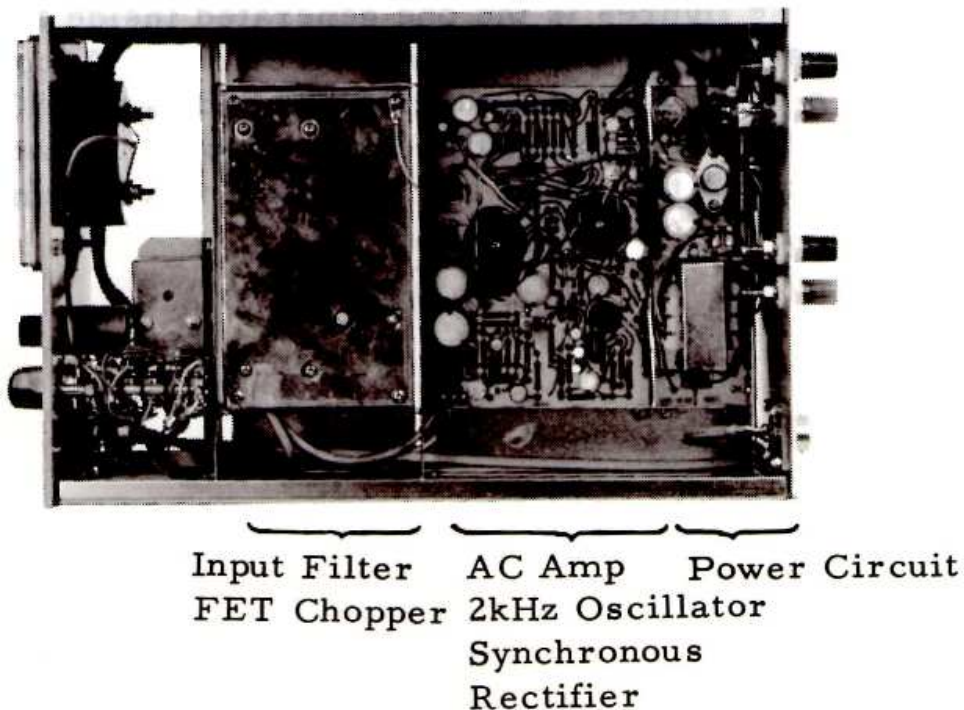


Figura. 4.2

The following is a brief explanation of the diagram. The input power fed from the terminal H and L, after AC voltage is eliminated from it by a filter, enters a chopper incorporating two field effect type transistors as a switching element and converted into a square wave of 2kHz in proportion to input voltage. This signal passes through the input transformer T1 of AC amplifier and, after zero adjust voltage and OPEN ZERO adjust current are added, is adjust in its gain by range switch.

This signal voltage is amplified by the AC amplified by the AC amplifier and then converted into DC current by a synchronous rectifier to cause the indicator to move. In the output terminal for a recorder, $\pm 5\text{mV}$ of output power appears at the full scale of indicator.

Note 2 When the signal is amplified by AC amplifier, the voltage before being amplified is such as show in fig. 4.3

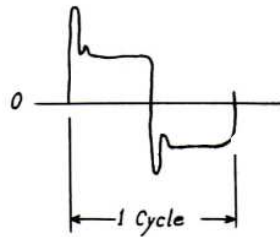


Figura. 4.3

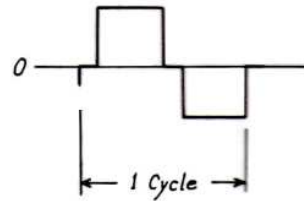


Figura. 4.4

The pulse in these figures is the one generated inside the FET chopper which gives a bad effect on a suppression circuit. Accordingly it is eliminated by a pulse stop circuit incorporated in the AC amplifier. As the result, the gain of amplifier becomes zero for approximately 1/5 of a half cycle of the signal and its output wave form becomes as shown in fig 4.4

5 MAINTENANCE

Since this instrument is a DC amplifier of high sensitivity, attention must be paid to noise, thermo electric motive force, insulation, etc. About the time of its repair

Therefore, in case of any trouble, it is recommended to order for repair from its original manufacturer. Especially, it is better not to open the permalloy case in which the input circuit is accommodated.

Furthermore, the inside of the aluminum case therein cannot be opened because silicon rubber is filled.

ANEXO 2

INTEGRADO TL084

TL082Y, TL084, TL084A, TL084B, TL084Y JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS081E – FEBRUARY 1977 – REVISED FEBRUARY 1999

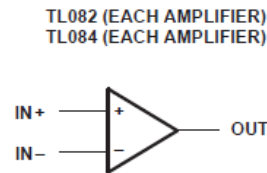
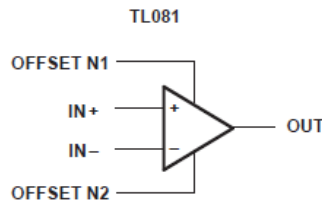
- Low Power Consumption
- Wide Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- Low Input Bias and Offset Currents
- Output Short-Circuit Protection
- Low Total Harmonic Distortion . . . 0.003% Typ
- High Input Impedance . . . JFET-Input Stage
- Latch-Up-Free Operation
- High Slew Rate . . . 13 V/ μ s Typ
- Common-Mode Input Voltage Range Includes V_{CC+}

description

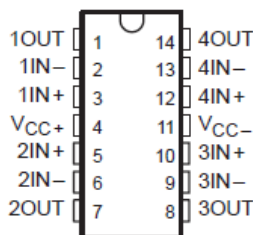
The TL08x JFET-input operational amplifier family is designed to offer a wider selection than any previously developed operational amplifier family. Each of these JFET-input operational amplifiers incorporates well-matched, high-voltage JFET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit. The devices feature high slew rates, low input bias and offset currents, and low offset voltage temperature coefficient. Offset adjustment and external compensation options are available within the TL08x family.

The C-suffix devices are characterized for operation from 0°C to 70°C. The I-suffix devices are characterized for operation from -40°C to 85°C. The Q-suffix devices are characterized for operation from -40°C to 125°C. The M-suffix devices are characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C.

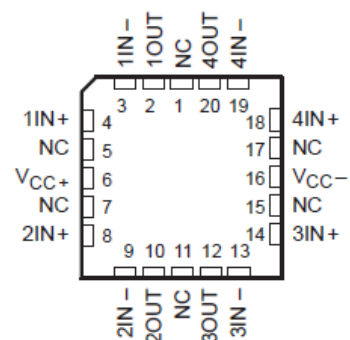
symbols



TL084, TL084A, TL084B
D, J, N, PW, OR W PACKAGE
(TOP VIEW)



NC – No internal connection

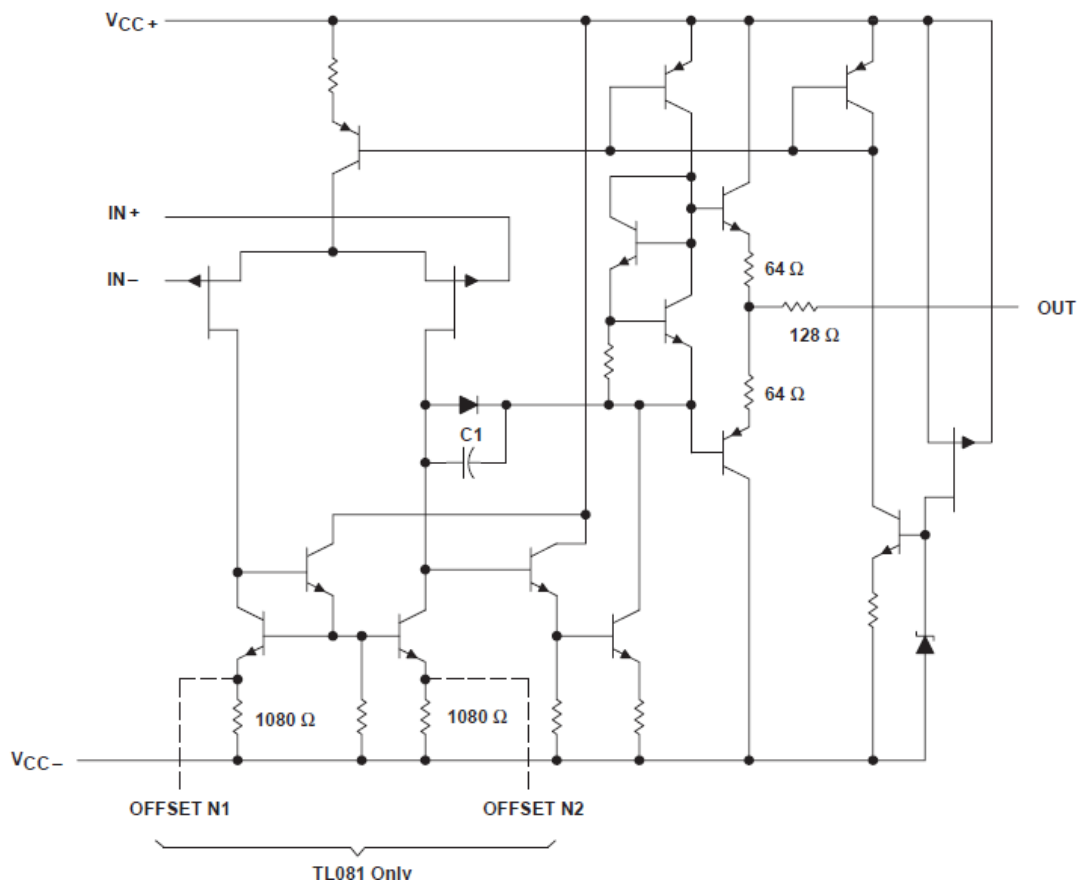


AVAILABLE OPTIONS

T _A	V _{IO} max AT 25°C	PACKAGED DEVICES										CHIP FORM (Y)
		SMALL OUTLINE (D008)	SMALL OUTLINE (D014)	CHIP CARRIER (FK)	CERAMIC DIP (J)	CERAMIC DIP (JG)	PLASTIC DIP (N)	PLASTIC DIP (P)	TSSOP (PW)	FLAT PACK (U)	FLAT PACK (W)	
0°C to 70°C	15 mV 6 mV 3 mV	TL081CD TL081ACD TL081BCD	—	—	—	—	—	TL081CP TL081ACP TL081BCP	TL081CPW	—	—	—
	15 mV 6 mV 3 mV	TL082CD TL082ACD TL082BCD	—	—	—	—	—	TL082CP TL082ACP TL082BCP	TL082CPW	—	—	TL082Y
	15 mV 6 mV 3 mV	—	TL084CD TL084ACD TL084BCD	—	—	—	TL084CN TL084ACN TL084BCN	—	TL084CPW	—	—	TL084Y
-40°C to 85°C	6 mV 6 mV 6 mV	TL081ID TL082ID TL084ID	TL084ID	—	—	—	TL084IN	TL081IP TL082IP	—	—	—	—
-40°C to 125°C	9 mV	—	TL084QD	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-55°C to 125°C	6 mV 6 mV 9 mV	—	—	TL081MFK TL082MFK TL084MFK	TL084MJ	TL081MJG TL082MJG	—	—	—	TL081MU TL082MU	—	TL084MW

The D package is available taped and reeled. Add R suffix to the device type (e.g., TL081CDR).

schematic (each amplifier)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

	TL08_C TL08_AC TL08_BC	TL08_I	TL084Q	TL08_M	UNIT
Supply voltage, V_{CC+} (see Note 1)	18	18	18	18	V
Supply voltage V_{CC-} (see Note 1)	-18	-18	-18	-18	V
Differential input voltage, V_{ID} (see Note 2)	± 30	± 30	± 30	± 30	V
Input voltage, V_I (see Notes 1 and 3)	± 15	± 15	± 15	± 15	V
Duration of output short circuit (see Note 4)	unlimited	unlimited	unlimited	unlimited	
Continuous total power dissipation	See Dissipation Rating Table				
Operating free-air temperature range, T_A	0 to 70	-40 to 85	-40 to 125	-55 to 125	°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65 to 150	-65 to 150	-65 to 150	-65 to 150	°C
Case temperature for 60 seconds, T_C	FK package			260	°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds	J or JG package			300	°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	D, N, P, or PW package	260	260	260	°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

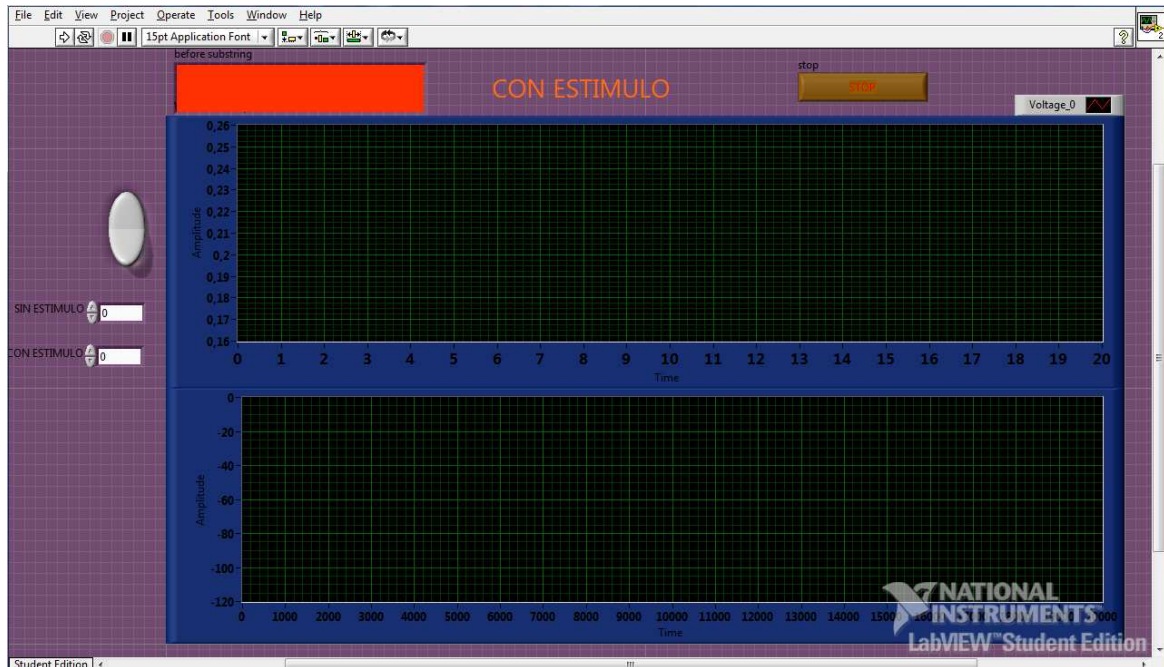
- NOTES:
1. All voltage values, except differential voltages, are with respect to the midpoint between V_{CC+} and V_{CC-} .
 2. Differential voltages are at $IN+$ with respect to $IN-$.
 3. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 V, whichever is less.
 4. The output may be shorted to ground or to either supply. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure that the dissipation rating is not exceeded.

DISSIPATION RATING TABLE

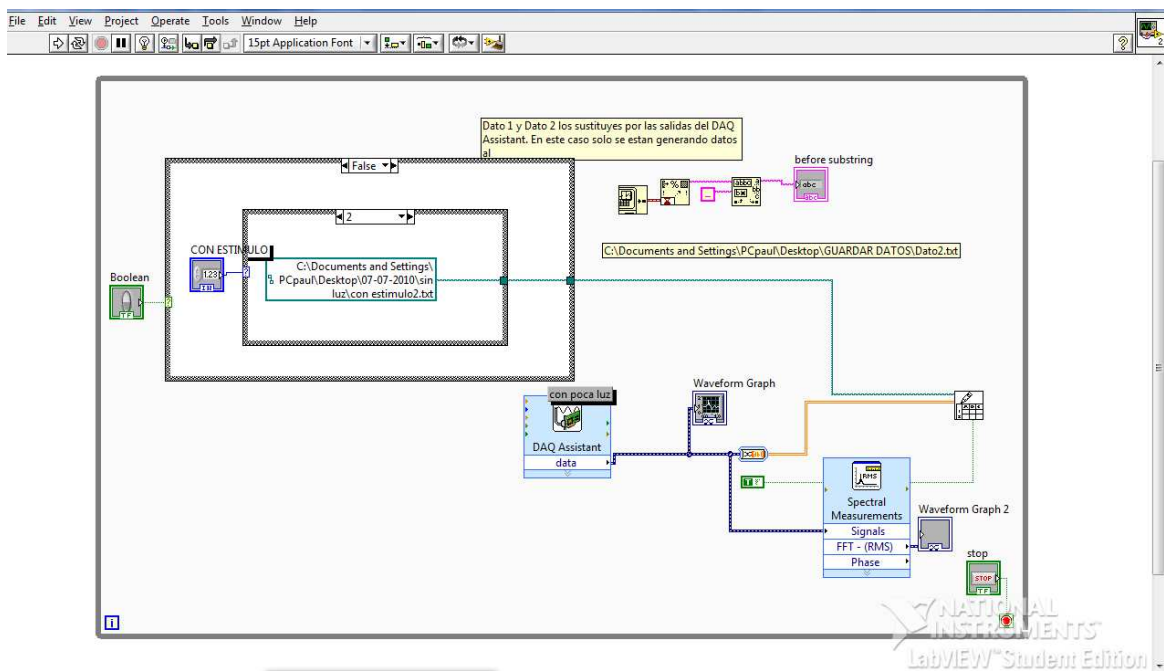
PACKAGE	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$ POWER RATING	DERATING FACTOR	DERATE ABOVE T_A	$T_A = 70^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 85^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 125^\circ\text{C}$ POWER RATING
D (8 pin)	680 mW	5.8 mW/°C	32°C	460 mW	373 mW	N/A
D (14 pin)	680 mW	7.6 mW/°C	60°C	604 mW	490 mW	186 mW
FK	680 mW	11.0 mW/°C	88°C	680 mW	680 mW	273 mW
J	680 mW	11.0 mW/°C	88°C	680 mW	680 mW	273 mW
JG	680 mW	8.4 mW/°C	69°C	672 mW	546 mW	210 mW
N	680 mW	9.2 mW/°C	76°C	680 mW	597 mW	N/A
P	680 mW	8.0 mW/°C	65°C	640 mW	520 mW	N/A
PW (8 pin)	525 mW	4.2 mW/°C	25°C	336 mW	N/A	N/A
PW (14 pin)	700 mW	5.6 mW/°C	25°C	448 mW	N/A	N/A
U	675 mW	5.4 mW/°C	25°C	432 mW	351 mW	135 mW
W	680 mW	8.0 mW/°C	65°C	640 mW	520 mW	200 mW

ANEXO 3

INTERFACE GRAFICA EN LABVIEW



Panel de Control



Panel de funciones

ANEXO 4

PROGRAMA DE ANALISIS PDS

Fs= 2000Hz

Alternado:

Con tacto – espera - sin tacto

Cada archivo de 20 seg

Programa:

```
% LECTURA DE TODOS LOS ARCHIVOS PARA VER LOS PICOS COMUNES:
```

```
clc, close all, clear all
```

```
% -----  
% -----  
% -----
```

```
% PRIMERO PONEMOS TODO LO COMÚN QUE NO CAMBIA CON LOS  
ARCHIVOS:
```

```
% condición inicial sin tocar planta:  
% sin estímulos solo con luz del día  
% cada archivo dura 20 seg.
```

```
Fs = 40000;  
Fmax = Fs / 2;  
t = 1/Fs:1/Fs:20; % eje de tiempo  
% -----
```

```
% LECTURA DE LOS ARCHIVOS
```

```
% -----
```

```
% ARCHIVO 1:  
load('con estimulo0.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO  
xn1 = con_estimulo0; %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
```

```
% -----  
-----
```

```
%Esta sección será común para todos los archivos:
```

```
ventana= winbkh4(length(xn1)/20);
```

```

noverlap = fix(length(ventana))/2 % numero de muestras de
traslape que debe ser entero
nfft = 70000; % length of FFT

% -----
-----

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx1,f] = pwelch(xn1,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

% -----
-----

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn1)
title('señal original 1')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx1),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 1')

% -----
-----

% ARCHIVO 2:
load('sin estimulo0.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
xn2 = sin_estimulo0; %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
% -----
-----

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx2,f] = pwelch(xn2,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn2)
title('señal original 1')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx2),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 1')

% -----
-----

```

```

% ARCHIVO 3:
load('con estimulo1.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
xn3 = con_estimulo1;      %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO

% -----

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx3,f] = pwelch(xn3,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn3)
title('señal original 1')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx3),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 1')

% -----

% ARCHIVO 4:I
load('sin estimulo1.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
xn4 = sin_estimulo1;      %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO

% -----

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx4,f] = pwelch(xn4,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn4)
title('señal original 1')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx4),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 1')

% -----

% ARCHIVO 5:
load('con estimulo2.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
xn5 = con_estimulo2;      %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO

```

```

% -----

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx5,f] = pwelch(xn5,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn5)
title('señal original 1')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx5),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 1')

% -----

% ARCHIVO 6:
load('sin estimulo2.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
xn6 = sin_estimulo2; %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO

% -----

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx6,f] = pwelch(xn6,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn6)
title('señal original 1')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx6),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 1')

% -----

% ARCHIVO 7:
load('con estimulo3.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
xn7 = con_estimulo3; %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO

% -----

```

```

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx7,f] = pwelch(xn7,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn7)
title('señal original 1')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx7),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 1')

% -----

% ARCHIVO 8:
load('sin estimulo3.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
xn8 = sin_estimulo3; %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO

% -----

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx8,f] = pwelch(xn8,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn8)
title('señal original 1')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx8),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 1')

% -----

% ARCHIVO 9:
load('con estimulo4.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
xn9 = con_estimulo4; %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO

% -----

```



```

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx9,f] = pwelch(xn9,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn9)
title('señal original 1')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx9),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 1')

% -----

% ARCHIVO 10:
load('sin estimulo4.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
xn10 = sin_estimulo4; %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO

% -----

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx10,f] = pwelch(xn10,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn10)
title('señal original 1')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx10),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 1')

% -----

% ARCHIVO 11:
load('con estimulo5.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
xn11 = con_estimulo5; %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO

% -----

```

```

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx11,f] = pwelch(xn11,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn11)
title('señal original 1')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx11),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 1')

% -----

% ARCHIVO 12:
load('sin estimulo5.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
xn12 = sin_estimulo5; %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO

% -----

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx12,f] = pwelch(xn12,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn12)
title('señal original 1')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx12),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 1')

% -----

% ARCHIVO 13:
load('con estimulo6.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
xn13 = con_estimulo6; %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO

% -----

```

```

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx13,f] = pwelch(xn13,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn13)
title('señal original 13')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx13),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 13')

% -----

% ARCHIVO 14:
load('sin estimulo6.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
xn14 = sin_estimulo6; %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO

% -----

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx14,f] = pwelch(xn14,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn14)
title('señal original 14')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx14),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 14')

% -----

% ARCHIVO 15:
load('con estimulo7.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
xn15 = con_estimulo7; %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO

% -----

```

```

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx15,f] = pwelch(xn15,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn15)
title('señal original 15')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx15),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 15')

% -----

% ARCHIVO 16:
load('sin estimulo7.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO
xn16 = sin_estimulo7; %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL ARCHIVO

% -----

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

[Pxx16,f] = pwelch(xn16,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

figure
subplot(2,1,1)
plot(t, xn16)
title('señal original 16')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx16),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
title('espectro señal original 16')

% -----

% ARCHIVO 17:
%load('con estimulo8.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL
ARCHIVO
%xn17 = con_estimulo8; %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL
ARCHIVO

```

```

% -----

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

%[Pxx17,f] = pwelch(xn17,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

%figure
%subplot(2,1,1)
%plot(t, xn17)
%title('señal original 17')

%subplot(2,1,2)
%plot(f,10*log10(Pxx17),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
%title('espectro señal original 17')

% -----

% ARCHIVO 18:
%load('sin estimulo8.txt'); %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL
ARCHIVO
%xn18 = sin_estimulo8; %CAMBIA SOLO EL NOMBRE DEL
ARCHIVO

% -----

% METODO DE WELCH USANDO VENTANA DE BLACKMAN - HARRISON
(4t):

%[Pxx18,f] = pwelch(xn18,ventana,noverlap,nfft,Fs); % CAMBIA
SOLO EL NOMBRE DE Pxx

%figure
%subplot(2,1,1)
%plot(t, xn18)
%title('señal original 18')

%subplot(2,1,2)
%plot(f,10*log10(Pxx18),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
%title('espectro señal original 18')

% -----
% -----
% -----

```

% TIEMPO Y FRECUENCIA DE TODOS LOS ARCHIVOS EN UNA SOLA PANTALLA:

```

figure
subplot(2,1,1)
plot(t,xn1,'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(t,xn2,'r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(t,xn3,'k:') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(t,xn4,'r:') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx --rs
hold on
plot(t,xn5,'--k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(t,xn6,'--r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(t,xn7,'--k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(t,xn8,'--r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(t,xn9,'--k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(t,xn10,'--r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(t,xn11,'--k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(t,xn12,'--r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(t,xn13,'--k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(t,xn14,'--r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(t,xn15,'--k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(t,xn16,'--r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
%hold on
%plot(t,xn17,'--k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
%hold on
%plot(t,xn18,'--r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx

% legend('xn1','xn2','xn3','xn4','xn5','xn6')
title('señales temporales juntas')

subplot(2,1,2)
plot(f,10*log10(Pxx1),'k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(f,10*log10(Pxx2),'r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on

```

```

plot(f,10*log10(Pxx3),'k:') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(f,10*log10(Pxx4),'r:') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(f,10*log10(Pxx5),'--k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(f,10*log10(Pxx6),'--r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(f,10*log10(Pxx7),'--k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(f,10*log10(Pxx8),'--r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(f,10*log10(Pxx9),'--k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE Pxx
hold on
plot(f,10*log10(Pxx10),'--r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE
Pxx
hold on
plot(f,10*log10(Pxx11),'--k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE
Pxx
hold on
plot(f,10*log10(Pxx12),'--r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE
Pxx
hold on
plot(f,10*log10(Pxx13),'--k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE
Pxx
hold on
plot(f,10*log10(Pxx14),'--r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE
Pxx
hold on
plot(f,10*log10(Pxx15),'--k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE
Pxx
hold on
plot(f,10*log10(Pxx16),'--r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE
Pxx
%hold on
%plot(f,10*log10(Pxx17),'--k') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE
Pxx
%hold on
%plot(f,10*log10(Pxx18),'--r') % CAMBIA SOLO EL NOMBRE DE
Pxx

%legend('Pxx1','Pxx2','Pxx3','Pxx4','Pxx5','Pxx6')
title('espectro juntos')
grid on

```

ANEXO 5

DAQ NI USB 6009

<http://www.ni.com/pdf/products/us/20043762301101dlr.pdf>

Low-Cost, Bus-Powered Multifunction DAQ for USB – 12- or 14-Bit, up to 48 kS/s, 8 Analog Inputs

NI USB-6008, NI USB-6009

- 8 analog inputs at 12 or 14 bits, up to 48 kS/s
- 2 analog outputs at 12 bits, software-timed
- 12 TTL/CMOS digital I/O lines
- 32-bit, 5 MHz counter
- Digital triggering
- Bus-powered
- 1-year warranty

Operating Systems

- Windows Vista (32- and 64-bit)/XP/2000
- Mac OS X¹
- Linux¹
- Windows Mobile¹
- Windows CE¹

Recommended Software

- LabVIEW
- LabVIEW SignalExpress
- LabWindows™/CVI
- Measurement Studio

Other Compatible Software

- C#, Visual Basic .NET
- ANSI C/C++

Measurement Services Software (included)

- NI-DAQmx driver software
- Measurement & Automation Explorer configuration utility
- LabVIEW SignalExpress LE

¹You need to download NI-DAQmx Base for these operating systems.



Product	Bus	Analog Inputs ¹	Input Resolution (bits)	Max Sampling Rate (kS/s)	Input Range (V)	Analog Outputs	Output Resolution (bits)	Output Rate (Hz)	Output Range (V)	Digital I/O Lines	32-Bit Counter	Trigger
USB-6009	USB	8 SE/4 DI	14	48	±1 to ±20	2	12	150	0 to 5	12	1	Digital
USB-6008	USB	8 SE/4 DI	12	10	±1 to ±20	2	12	150	0 to 5	12	1	Digital

¹SE = single ended, DI = differential ²Software-timed

Overview and Applications

With recent bandwidth improvements and new innovations from National Instruments, USB has evolved into a core bus of choice for measurement applications. The NI USB-6008 and USB-6009 are low-cost entry points to NI flagship data acquisition (DAQ) devices. With plug-and-play USB connectivity, these modules are simple enough for quick measurements but versatile enough for more complex measurement applications.

The USB-6008 and USB-6009 are ideal for a number of applications where low cost, small form factor, and simplicity are essential.

Examples include:

- Data logging – quick and easy environmental or voltage data logging
- Academic lab use – student ownership of DAQ hardware for completely interactive lab-based courses (Academic pricing available. Visit ni.com/academic for details.)
- OEM applications as I/O for embedded systems

Recommended Software

driver software for application development in NI LabVIEW, LabVIEW SignalExpress, LabWindows/CVI, and Measurement Studio software. To obtain the latest version of NI-DAQmx, visit ni.com/support/daq/versions.

NI measurement services software speeds up your development with features including:

- A guide to create fast and accurate measurements with no programming using the DAQ Assistant.
- Automatic code generation to create your application in LabVIEW.
- LabWindows/CVI; LabVIEW SignalExpress; and C#, Visual Studio .NET, ANSI C/C++, or Visual Basic using Measurement Studio.
- Multithreaded streaming technology for 1,000 times performance improvements.
- Automatic timing, triggering, and synchronization routing to make advanced applications easy.
- More than 3,000 free software downloads available at ni.com/zone to jump-start your project.
- Software configuration of all digital I/O features without

National Instruments measurement services software, built around NI-DAQmx driver software, includes intuitive application programming interfaces, configuration tools, I/O assistants, and other tools designed to reduce system setup, configuration, and development time. National Instruments recommends using the latest version of NI-DAQmx

hardware switches/jumpers.

- Single programming interface for analog input, analog output, digital I/O, and counters on hundreds of multifunction DAQ hardware devices. M Series devices are compatible with the following versions (or later) of NI application software – LabVIEW, LabWindows/CVI, or Measurement Studio versions 7.x; and LabVIEW SignalExpress 2.x.



Specifications

Typical at 25 °C unless otherwise noted.

Analog Input

Absolute accuracy, single-ended

Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum (0 to 55 °C) (mV)
±10	14.7	138

Absolute accuracy at full scale, differential¹

Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum (0 to 55 °C) (mV)
±20	14.7	138
±10	7.73	84.8
±5	4.28	58.4
±4	3.59	53.1
±2.5	2.56	45.1
±2	2.21	42.5
±1.25	1.70	38.9
±1	1.53	37.5

Number of channels..... 8 single-ended/4 differential

Type of ADC..... Successive approximation

ADC resolution (bits)

Module	Differential	Single-Ended
USB-6008	12	11
USB-6009	14	13

Maximum sampling rate (system dependent)

Module	Maximum Sampling Rate (kS/s)
USB-6008	10
USB-6009	48

Input range, single-ended..... ±10 V

Input range, differential..... ±20, ±10, ±5, ±4, ±2.5, ±2,

±1.25, ±1 V

Maximum working voltage..... ±10 V

Overshoot protection..... ±35 V

FIFO buffer size..... 512 B

Timing resolution..... 41.67 ns (24 MHz timebase)

Timing accuracy..... 100 ppm of actual sample rate

Input impedance..... 144 kΩ

Trigger source..... Software or external digital trigger

System noise..... 5 m V_{rms} (±10 V range)

Analog Output

Absolute accuracy (no load)..... 7 mV typical, 36.4 mV maximum at full scale

Number of channels..... 2

Type of DAC..... Successive approximation

DAC resolution..... 12 bits

Maximum update rate..... 150 Hz, software-timed

Output range..... 0 to +5 V

Output impedance..... 50 Ω

Output current drive..... 5 mA

Power-on state..... 0 V

Slew rate..... 1 V/μs

Short-circuit current..... 50 mA

Digital I/O

Number of channels..... 12 total

8 (P0.<0..7>)

4 (P1.<0..3>)

Direction control..... Each channel individually programmable as input or output

Output driver type

USB-6008..... Open-drain

USB-6009..... Each channel individually programmable as push-pull or open-drain

Compatibility..... CMOS, TTL, LVTTTL

Internal pull-up resistor..... 4.7 kΩ to +5 V

Power-on state..... Input (high impedance)

Absolute maximum voltage range..... -0.5 to +5.8 V

Digital logic levels

Level	Min	Max	Units
Input low voltage	-0.3	0.8	V
Input high voltage	2.0	5.8	V
Input leakage current	—	50	μA
Output low voltage (I = 8.5 mA)	—	0.8	V
Output high voltage (push-pull, I = -8.5 mA)	2.0	3.5	V
Output high voltage (open-drain, I = -0.6 mA, nominal)	2.0	5.0	V
Output high voltage (open-drain, I = -8.5 mA, with external pull-up resistor)	2.0	—	V

Counter

Number of counters..... 1

Resolution..... 32 bits

Counter measurements..... Edge counting (falling edge)

Pull-up resistor..... 4.7 kΩ to 5 V

Maximum input frequency..... 5 MHz

Minimum high pulse width..... 100 ns

Minimum low pulse width..... 100 ns

Input high voltage..... 2.0 V

Input low voltage..... 0.8 V

Power available at I/O connector

+5 V output (200 mA maximum)..... +5 V typical
+4.85 V minimum

+2.5 V output (1 mA maximum)..... +2.5 V typical

+2.5 V output accuracy..... 0.25% max

Voltage reference temperature drift... 50 ppm/°C max

ANEXO 6

PLANTAS OBJETO DE ESTUDIO

ANEXO 7

GLOSARIO

Aerobios. Células que viven en oxígeno y lo utilizan; los aerobios estrictos no pueden vivir en ausencia de oxígeno.

Anaerobios. Células que pueden vivir sin oxígeno; los anaerobios estrictos no pueden vivir en presencia de oxígeno.

Células autotróficas. Células que pueden sintetizar sus propias macromoléculas a partir de moléculas nutrientes

muy simples, tales como el anhídrido carbónico y el amoníaco.

Células eucarióticas. Células que tienen membranas nucleares y orgánulos rodeados de membranas, que se dividen mediante mitosis.

Células facultativas. Células que pueden vivir tanto en presencia como en ausencia de oxígeno.

Células heterotróficas. Células que necesitan moléculas nutrientes complejas, tales como glucosa, aminoácidos, etc., para obtener energía y construir sus propias macromoléculas.

Cloroplastos. Estructuras rodeadas de membranas que contienen clorofila y que se encuentran en el citoplasma de las células eucarióticas fotosintéticas; son los centros de conversión de energía luminosa en energía química.

Estado excitado. Aquel estado de alta energía de un átomo o molécula, que tiene lugar después de que un electrón ha sido promovido desde su orbital estable normal a un orbital más externo con un nivel energético superior, como resultado de la absorción de energía.

Fotosíntesis. Transformación enzimática de la energía luminosa en energía química y utilización de esta última para formar carbohidratos y oxígeno a partir de CO₂ y H₂O en las plantas verdes.

Fuerzas de Van der Waals. Débiles fuerzas de atracción que actúan solamente a distancias muy cortas y que son resultantes de la atracción entre dipolos inducidos.

Glucólisis. Aquella forma de fermentación en la cual la glucosa se descompone, vía ácido pirúvico, en dos moléculas de ácido láctico.

Hidrólisis. Ruptura de una molécula en dos o más moléculas menores mediante la adición de una molécula de agua.

Mitocondrias. Orgánulos rodeados de membranas que se encuentran en el citoplasma de las células aeróbicas y que contienen los sistemas enzimáticos respiratorios.

Nastia. Viene del griego nastos “obstruido por presión” es un tipo de respuesta que involucra, generalmente movimiento de algunas estructuras, pero no de crecimiento, y que no está orientada por la dirección del estímulo.

Orgánulos. Estructuras rodeadas por membranas que se encuentran en la célula eucariótica; contienen enzimas que desempeñan funciones celulares especializadas. Algunos orgánulos, incluyendo las mitocondrias y los cloroplastos, tienen DNA y pueden replicarse de una manera autónoma.

Oxidación. Pérdida de electrones experimentada por un compuesto; un agente oxidante es un aceptor de electrones.

Reducción. Ganancia de electrones llevada a cabo por un compuesto; un agente reductor es un dador de electrones.

Respiración. Descomposición oxidativa y liberación de energía de las moléculas de alimentos, mediante reacción con el oxígeno en las células aeróbicas.

Taxis. Se refiere a respuestas en que las células nadan orientadas por el estímulo.

Tropismo. Viene del griego trope “volverse”, respuesta del crecimiento orientada hacia el estímulo.