

FECHA	03/06/2009
-------	------------

NÚMERO RA	
PROGRAMA	Ingeniería Electrónica

AUTOR (ES)	ÁVILA JIMÉNEZ, Marcela Vanessa; CASTILLO CORREDOR, Jorge Andrés
TÍTULO	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DEL ESTADO DE SUEÑO DEL CONDUCTOR DE UN VEHÍCULO.

PALABRAS CLAVES	
ESTADO DE SUEÑO, DISEÑO, CIRCUITO, LEDS INFRARROJOS, LM741, PIC 16F628A, ULN2803 BUZZER, MOTORES VIBRADORES, COLCHONETA VIBRADORA, ALIMENTACION 14 V DC DEL VEHÍCULO, LENTES Y DESARROLLO INGENIERIL-TESIS.	

DESCRIPCIÓN	
<p>Proyecto elaborado por estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad San Buenaventura, el cual propone el diseño de un detector de sueño para saber cuando el conductor de un vehículo se esta quedando dormido.</p> <p>Este proceso se realizará, determinando el tiempo de duración del parpadeo del ojo humano, cuando el parpado del ojo esta abierto o cerrado; si el tiempo de permanencia del parpado cerrado supera mas de un segundo y medio, se asume que el conductor se esta quedando dormido, así se determinará el estado de somnolencia del sujeto que este manejando el carro; así el dispositivo, avisará al conductor con una alarma lo cual hará que el conductor despierte y se de cuenta que se estaba quedando dormido, obligándolo a detener el vehículo y tomar un descanso.</p>	

---

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	
------------------------	--

**BIBLIOGRAFÍA**

- COUGHLIN, Robert F. Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales. México. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana [1996]
- FISCHGOLD, H. Un electroencefalograma. Madrid, Barcelona. Ed. Daimon [1963]
- KARBOWSKI, Kazimierz. El electroencefalograma en la crisis epiléptica. Buenos Aires. Ed. Medica Panamericana [1978]
- MILLIMAN, Jacob. Electrónica Integrada: Circuitos y sistemas analógicos y digitales. Barcelona, España. Ed. Milano Europea S.A. [1995]
- RASHID, Muhammand. Circuitos microelectronicos análisis y diseño. Florida. Ed. Thomson Editores [2000]
- SAVANT, C.J. Diseño electrónico: circuitos y sistemas. Segunda edición. Buenos Aires, Argentina. Ed. Addison Wesley Iberoamericana [1992]
- WALER, G.J. Amplificadores operacionales en audio. Madrid, España. Ed. Paraninfo [1990]

**CIBERGRAFÍA**

- [http://www.siemensvdo.es/press/releases/chassis/2006/SV-2006-08-038\\_esp.htm](http://www.siemensvdo.es/press/releases/chassis/2006/SV-2006-08-038_esp.htm)
- [http://icamotorediciones.es/index.php?option=com\\_content&task=view&id=1704&Itemid=174](http://icamotorediciones.es/index.php?option=com_content&task=view&id=1704&Itemid=174)
- <http://usuarios.lycos.es/dormirydescansar/fasesdel.htm>
- <http://www.simmons.com.mx/etapas.htm>
- [http://www.insp.mx/Portal/Cuidados\\_salud/sueno/sueno02.html](http://www.insp.mx/Portal/Cuidados_salud/sueno/sueno02.html)
- [http://www.insp.mx/Portal/Cuidados\\_salud/sueno/sueno01.html](http://www.insp.mx/Portal/Cuidados_salud/sueno/sueno01.html)
- [http://www.insp.mx/Portal/Cuidados\\_salud/sueno/sueno02.html](http://www.insp.mx/Portal/Cuidados_salud/sueno/sueno02.html)

- [http://www.insp.mx/Portal/Cuidados\\_salud/sueno/sueno0503.html](http://www.insp.mx/Portal/Cuidados_salud/sueno/sueno0503.html)
- [http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/intelligentcar/technologies/tech\\_05/index\\_es.htm](http://ec.europa.eu/information_society/activities/intelligentcar/technologies/tech_05/index_es.htm)
- <http://www.fenix-forum.com.ar/foro/showthread.php?t=7572>
- <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/medicina/2007860/lecciones/glosario/glosario.htm>
- [http://www.solarlight.com/products/detectors.html?gclid=CKrawdvE\\_JQCFOE0xgodnBiKcw#UVA](http://www.solarlight.com/products/detectors.html?gclid=CKrawdvE_JQCFOE0xgodnBiKcw#UVA)
- [http://www.ibv.org/Shop/usuario/productos/IBV/fichaproducto21\\_aplicaciones.asp?idTipo=&idProducto=1162&acc=ver&acc2=prod](http://www.ibv.org/Shop/usuario/productos/IBV/fichaproducto21_aplicaciones.asp?idTipo=&idProducto=1162&acc=ver&acc2=prod)
- <http://www.revistaesalud.com/index.php/revistaesalud/article/viewArticle/253/570>
- <http://colombiaqmedica.univalle.edu.co/Vol35No2/cm35n2a1.htm>
- <http://www.encuentros.uma.es/encuentros53/aplicaciones.html>
- <http://www.efn.uncor.edu/escuelas/biomedica/Lab%20Ing%20en%20ehabilitaci%F3nn.htm>
- [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/msp/amador\\_g\\_ja/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/msp/amador_g_ja/capitulo2.pdf)
- <http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicalInteractiva/OptGeometrica/Instrumentos/ollo/ollo.htm>

NÚMERO RA	
PROGRAMA	Ingeniería Electrónica

CONTENIDOS	<p><b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b></p> <p>En este capítulo se encuentra la pregunta que da origen al desarrollo del proyecto. Así mismo se explica los objetivos a desarrollar, teniendo en cuenta los alcances y limitaciones, que se observa a lo largo de una serie de consultas, entre las que tiene gran importancia los antecedentes, porque es de ellos de donde se empieza como base para saber cómo y dónde buscar.</p> <p><b>3. MARCO DE REFERENCIA</b></p> <p>En este capítulo se presenta toda la información obtenida después de realizar una larga consulta, se explica los diferentes métodos para llegar al objetivo general, especificado las ventajas y desventajas de cada uno y definiendo el más apropiado para desarrollar a nivel ingeniería y dar una solución a una problemática de forma eficiente.</p> <p><b>4. METODOLOGIA</b></p> <p>El desarrollo de este proyecto es de carácter empírico analítico, esto se debe a que busca dar respuesta a un problema, teniendo en cuenta las diferentes formas que hay para llegar a esta solución, así mismo es necesario, analizar los datos obtenidos para tomar una decisión con respecto a unos parámetros previamente establecidos.</p> <p><b>5. DESARROLLO INGENIERIL</b></p> <p>Se presenta todo el desarrollo a nivel de ingeniería, mostrando y explicando, los pasos y procedimientos que se llevaron a cabo para desarrollar e implementar las metas propuestas, esto con el fin de dar respuesta a la problemática que se plantea al iniciar el proyecto.</p> <p><b>CONCLUSIONES</b></p> <p>Después de finalizar y probar el buen funcionamiento del proyecto, también después de una larga consulta y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se presentan los datos más relevantes, que permiten identificar los resultados del</p>
------------	--

NÚMERO RA	
PROGRAMA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA
<p>trabajo.</p> <p><b>RECOMENDACIONES</b></p> <p>En este capítulo se muestra el correcto uso del dispositivo, teniendo en cuenta los que se debe y no se debe hacer al manipular los componentes, así mismo se enfatiza en las prevenciones y respeto que se debe con respecto a la confiabilidad del dispositivo.</p> <p><b>BIBLIOGRAFIA</b></p> <p>En este capítulo se hace referencia a los libros, artículos e información electrónica, de la cual se tomó la información necesaria para desarrollar el proyecto.</p>	

## METODOLOGÍA

**1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN:** Este proyecto esta basado en una investigación Empírico-analítica, esto se debe a que el proyecto que se realizara necesita investigación, experimentación y una serie de cálculos matemáticos, los cuales serán comprobados en el desarrollo físico del proyecto.

- **Línea de la investigación:** Tegnologias actuales y sociedad.
- **Sublínea de la facultad de Ingeniería:** Instrumentación, la cual tiene como objetivo resolver problemas asociados con el control de procesos, así mismo le corresponde realizar el monitoreo y mediciones de las variables.
- **Campo temático del programa:** En este proyecto de investigación se enmarca un componente matemático que es Control.

**2. TECNICAS DE RECOLECCION EMPLEADAS:** El método de investigación para este proyecto se realiza por medio de citas bibliografiitas y cibergraficas las cuales permiten adquirir mayor conocimiento acerca del proyecto, como notas o estudios médicos.

Los instrumentos que se utilizaran para la recolección de estos datos serán por medios magnéticos, libros o fotocopias.

**3. POBLACION Y MUESTRA:** Con este proyecto se pretende intervenir en los indices de accidentalidad que se presentan en Colombia evitando que la gente se duerma mientras conduce un vehículo.

**4. HIPÓTESIS:** Con este proyecto se pretende comprobar que el parpadeo del ojo humano puede detectar cuando el conductor de un vehiculo se esta quedando dormido, con el fin de despertarlo para evitar accidentes.

### 5. VARIABLES

**Variable independiente:** Como variable independiente, se obtiene la detección del parpadeo del ojo y así se determina cuando el conductor de un vehiculo se

esta durmiendo y a su vez desarrollar un sistema de alarma para despertarlo.

**Variable dependiente:** Como variable dependiente se tiene los niveles de voltaje, corriente y radiación, que son determinados por el procesador, luego de haber determinado la variable independiente.

## CONCLUSIONES

- Para determinar el estado de sueño por medio de las señales electroencefalográficas, electromiografías y electroculograficas, es necesario tener los equipos de alta tecnología necesarios para obtener óptimos resultados, esto se debe a que estas señales se encuentran en rangos de muy bajos niveles de voltajes, donde cualquier ruido es superior a estas señales.
- Aunque la persona sepa que está cansada y que tiene sueño, no tiene pleno dominio de sus acciones en el momento de decidir no quedarse dormido; es el cerebro quien envía la orden al cuerpo de tomar un descanso, a esto se debe la gran cantidad de accidentes provocados por personas que se duermen mientras conducen.
- Teniendo en cuenta, que el objetivo principal del proyecto, es detectar el momento en el cual una persona esta a punto de dormirse, no es nada práctico y cómodo para el conductor usar un casco con electrodos pegado todo el tiempo para detectar las señales que le indicarían a un software el estado de somnolencia o alerta de la persona, a esto se le suma, que debe también tener electrodos en el cuerpo, porque para tener una precisión absoluta tanto de señales electroencefalográficas como las electromiografías, se necesita obtener una información mas exacta; sería de mucha ayuda para investigaciones científicas, que se realicen en un laboratorio, y no para uso diario.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DEL  
ESTADO DE SUEÑO DEL CONDUCTOR DE UN VEHÍCULO**

MARCELA VANESSA ÁVILA JIMÉNEZ

JORGE ANDRÉS CASTILLO CORREDOR

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
BOGOTÁ D.C.-COLOMBIA  
2009



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DEL  
ESTADO DE SUEÑO DEL CONDUCTOR DE UN VEHÍCULO**

Presentado por:

MARCELA VANESSA ÁVILA JIMÉNEZ

JORGE ANDRÉS CASTILLO CORREDOR

Proyecto de Grado como requisito para optar  
al título de Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
BOGOTÁ D.C.-COLOMBIA  
2009

Nota de Aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Firma del Jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del jurado

Bogotá D.C., mayo 2009

*Este trabajo esta dedicado principalmente a Dios que me ha dado la sabiduría y la fortaleza necesaria para seguir adelante, a mis padres por apoyarme en cada una de las decisiones de mi vida, por su gran esfuerzo y dedicación de sacarme adelante , a mi hermana por sus sabios consejos y valentía de enfrentar su vida a nivel profesional. Así mismo a la persona que compartió conmigo todos estos semestres de estudio y dedicación, brindándome apoyo en cada una de las situaciones difíciles que se presentaron a nivel académico y laboral.*

*Marcela Vanesa Ávila Jiménez*

*Agradezco ante todo a Dios por darme la oportunidad de vivir y disfrutar de mi hermosa familia y grandiosos amigos, a mis padres que siempre se preocuparon por mi bienestar y me enseñaron el significado de luchar por mis sueños, a todas las personas que están junto a mí, a quienes ayudaron al desarrollo de este proyecto, y en especial a mi compañera de proyecto y grupo de trabajo con quien se sufrió, luchó pero a final siempre se gana.*

*Jorge Andrés Castillo Corredor*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.TITULO.....</b>	<b>20</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>21</b>
2.1 ANTECEDENTES.....	24
2.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
2.3JUSTIFICACION.....	24
2.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
2.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	25
2.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	25
2.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO.....	26
2.5.1 ALCANCES.....	26
2.5.2 LIMITACIONES.....	26
<b>3. MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>28</b>
3.1 MARCO TEORICO-CONCEPTUAL.....	28
3.1.1 EL SUEÑO.....	28
3.1.1.1 El insomnio crónico.....	30
3.1.1.2 La somnolencia excesiva.....	30

3.1.1.3 La apnea del sueño.....	32
3.1.2 FASES CEREBRALES DEL SUEÑO.....	37
3.1.2.1 La fase ortodoxa.....	37
3.1.2.2 La fase paradójica.....	39
3.1.3 CONTROL CEREBRAL.....	39
3.1.3.1 ONDAS BETHA.....	42
3.1.3.2 ONDAS ALFA.....	42
3.1.3.3 ONDAS THETA.....	42
3.1.3.4 ONDAS DELTA.....	42
3.1.4 INDICES DE ACCIDENTALIDAD VIAL EN COLOMBIA.....	44
3.1.4.1 Índice de accidentalidad nacional vial nacional 1986- 2006.....	44
3.1.4.2 Causas de accidentalidad en Colombia.....	47
3.1.4.3 Causas probables de los accidentes de tránsito según el factor al cual se le atribuye - Total nacional.....	49
3.2 MARCO LEGAL.....	54
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>55</b>
4.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACION.....	55
4.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE USB / SUB-LÍNEA DE FACULTAD / CAMPO TEMÁTICO DEL PROGRAMA.....	55

4.3 HIPOTESIS.....	56
4.4 VARIABLES.....	56
4.4.1 VARIABLES INDEPENDIENTES.....	56
4.4.2 VARIABLES DEPENDIENTES.....	57
<b>5. DESARROLLO INGENIERIL.....</b>	<b>58</b>
5.1 SEÑALES OCULARES.....	58
5.1.1 DETECCION DE LOS PARPADOS CERRADOS.....	62
5.1.1.1 INFRARROJOS EN LOS EXTREMOS EN LOS OJOS.....	63
5.2 DESARROLLO DEL CIRCUITO INFRARROJO PARA SENSAR UBICACIÓN DE LOS PARPADOS.....	66
5.2.1 CIRCUITO EMISOR.....	67
5.2.2 ETAPA RECEPTORA.....	68
5.3 ETAPA PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE SEÑAL.....	70
5.3.1 PIC 16F628A .....	71
5.3.2DISEÑO DECIRCUITO DE PROCESAMIENTO.....	73
5.4 ACTUADORES.....	79
5.4.1 ULN2803.....	82
5.5 CIRCUITO FINAL.....	84
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>85</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>86</b>

**BIBLIOGRAFIA.....88**  
**CIBERGRAFIA.....89**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Sistema siemens VDO PRO PILOT de alerta.....	22
<b>Figura 2.</b> Sistema de la marca alemana Volkswagen.....	23
<b>Figura 3.</b> Accidentes solo daños según el periodo del día.....	46
<b>Figura 4.</b> Accidentes con heridos según el periodo del día.....	46
<b>Figura 5.</b> Accidentes con muertos según el periodo del día.....	47
<b>Figura 6.</b> Posibles causas de accidente en el año 2006.....	49
<b>Figura 7.</b> Línea de investigación. ....	55
<b>Figura 8.</b> Fototransistor reflectivo QRB113.....	63
<b>Figura 9.</b> Medidas de fototransistor reflectivo QRB113.....	64
<b>Figura 10.</b> Ojo humano internamente.....	65
<b>Figura 11.</b> Rayo emitido y rayo reflejado.....	66
<b>Figura 12.</b> Led infrarrojo emisor.....	67
<b>Figura 13.</b> Fotodiodo.....	68
<b>Figura 14.</b> Circuito amplificación infrarroja.....	69
<b>Figura 15.</b> Circuito infrarrojo emisor- receptor. ....	70
<b>Figura 16. PIC 16F628A.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 17.</b> Distribución de pines del circuito de procesamiento.....	74
<b>Figura18.</b> Distribución de pines ULN2803.....	76
<b>Figura 19.</b> Motores vibradores usados.....	76



<b>Figura 20.</b> Cajas utilizadas para ubicar los motores vibradores usados.....	77
<b>Figura 21.</b> Drive ULN2803.....	78
<b>Figura 22.</b> Composición interna del ULN2803.....	78
<b>Figura 23.</b> Circuito final.....	80

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Forma de onda de las señales EEG.....	<b>40</b>
<b>Tabla 2.</b> Índice de accidentalidad nacional vial nacional 1986- 2006.....	<b>45</b>
<b>Tabla 3.</b> Cantidad de accidentes según el periodo del día.....	<b>46</b>
<b>Tabla 4.</b> Causas accidentalidad año 2006.....	<b>48</b>
<b>Tabla 5.</b> Causas probables de los accidentes de tránsito según el factor al cual se le atribuye.....	<b>50</b>
<b>Tabla 6.</b> Cuadro comparativo.....	<b>58</b>
<b>Tabla 7.</b> Características de trabajo del ULN2803.....	<b>59</b>

## INTRODUCCIÓN

Las personas que se duermen al volante son hoy en día uno de los principales responsables de muchos de los accidentes de tránsito que se producen en la mayoría de los países de mundo. En Colombia, las personas que se quedan dormidas al volante, son hombres y mujeres menores de 30 años. En donde se observa como una de las causas principales de dichos accidentes los horarios del día, la cantidad y calidad de horas de descanso, el consumo o no consumo de estimulantes como el café o la dependencia al consumo de bebidas alcohólicas.

La creación del carro y su uso como medio de transporte, dio comienzo a los accidentes de tránsito provocados por diferentes causas como inexperiencia, consumo de alcohol, cansancio, entre otros; este último dio comienzo al tema de investigación de este proyecto, viendo la necesidad de poder dar solución a este problema, se busca encontrar la forma por la cual se puede detectar el momento en el cual el conductor de un vehículo está a punto de quedarse dormido o está en estado de reposo mientras conduce.

Este proceso se realizará, determinando el tiempo de duración del parpadeo del ojo humano, cuando el parpado del ojo esta abierto o cerrado; si el tiempo de permanencia del parpado cerrado supera mas de un segundo y medio, se asume que el conductor se esta quedando dormido, así se determinará el estado de somnolencia del sujeto que este manejando el carro; así el dispositivo, avisará al conductor con una alarma lo cual hará que el conductor despierte y se de cuenta que se estaba quedando dormido, obligándolo a detener el vehículo y tomar un descanso.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DEL  
ESTADO DE SUEÑO DEL CONDUCTOR DE UN VEHÍCULO**

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 ANTECEDENTES.**

Según el estudio realizado por el Instituto de Seguridad Vial de la Fundación MAPFRE, el factor “distractor” es una de las principales causas de accidentalidad en la sociedad; estando presente en 973 accidentes, cifra que representa el 37% de los accidentes mortales entre los años 2006 y 2007.

Para los conductores profesionales el cansancio y el evento de quedarse dormido al volante se identifican como factores causantes de distracciones o accidentes, siendo los vehículos industriales y transporte de pasajeros los casos de más alto riesgo; es preocupante que los individuos estén al volante durante muchas horas y frecuentemente por la noche, para evitar estos tipos de accidentes, diferentes empresas de automóviles han desarrollado nuevos sistemas de conducción inteligente que detectan la somnolencia del conductor.

Siemens VDO, trabajó con ayuda de la tecnología creando dispositivos que detectan cuando es que la persona se duerme. Siemens VDO quiere proporcionar una mayor seguridad con su novedoso sistema de asistencia al conductor, Sistema Pro Pilot de alerta.

Por esta misma línea, este sistema de alarma incorpora una cámara de infrarrojos instalada en el retrovisor del carro. Con una luz infrarroja invisible, la cámara examina la cara del conductor y un software evalúa la grabación en tiempo real y en función de los parámetros de dirección de la mirada, parpadeo (número y duración), movimientos faciales que determinan si el conductor está alerta y atento. Si el sistema electrónico detecta señales de

cansancio en el conductor, le avisa a éste y en situaciones en las que detecte riesgo de que la persona pueda dormirse al volante, avisa además con un sonido de volumen ascendente.

**Figura 1.** Sistema siemens VDO PRO PILOT de alerta



Fuente: [http://infobus.blogspot.com/2007\\_05\\_01\\_archive.html](http://infobus.blogspot.com/2007_05_01_archive.html)

Actualmente el nuevo sistema de la marca alemana Volkswagen ha sido creado para detectar la somnolencia en el conductor y alertarle, evitando así un posible accidente.

Su funcionamiento se basa en un dispositivo equipado con una cámara en miniatura (no más grande que una moneda de \$50) que mide la somnolencia del conductor a través del parpadeo del ojo. La cámara funciona con un sensor que mide el movimiento y lo asocia a un estado concreto. Está diseñada para observar cualquier tipo de conductor (altura, edad, sexo), es

eficaz con cualquier condición de iluminación y es resistente a las vibraciones del coche o a los cambios de temperatura.

**Figura 2.** Sistema de la marca alemana Volkswagen.



Fuente: [http://motor.terra.es/motor/actualidad/articulo/detector\\_sueno\\_38718.htm](http://motor.terra.es/motor/actualidad/articulo/detector_sueno_38718.htm)

Es muy importante tener en cuenta el costo de estos sistemas de marca, que no permiten captar 100% la atención del consumidor.

En el mercado argentino se encuentra el detector de sueño creado por el inventor Dante Guarnieri, creador de un dispositivo que funciona con rayos infrarrojos, el cual evita que durante los viajes largos los conductores se duerman, el receptor del dispositivo va conectado en el parasol del auto y el emisor en el apoya cabezas.

El aparato se conecta a la bocina del auto y, por otro lado, a la batería. Entonces, cuando la cabeza del conductor interrumpe el recorrido del rayo

(cuando la cabecea y se queda dormido), se activa una bocina como si fuera una alarma antirrobo.

## **2.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

Las largas jornadas de trabajo a las que son sometidos los cuerpos de los conductores que en ocasiones superan las 12 horas continuas sin descansar, dan origen a un cansancio inevitable, presentando como respuesta una orden de descanso impartida por el cerebro, reacción que no es posible ser controlada por la persona; lo que conlleva a que el conductor que aun se encuentra manejando pueda quedarse dormido provocando un accidente, o en casos extremos ponga en riesgo vidas y cause daños irreparables. Desde este punto de vista ¿Es posible saber cuando una persona está a punto de quedarse dormida mientras maneja y avisarle para prevenir accidentes?

## **2.3 JUSTIFICACION**

Teniendo en cuenta la importancia que trae para la sociedad, el hecho de evitar desastres que provoquen pérdidas materiales, animales y sobretodo humanas, se hace indispensable solucionar el problema anteriormente expuesto, permitiendo así trabajar como mayor confianza y tranquilidad, ya que este dispositivo brinda al conductor una herramienta de uso constante que no interfiere con su trabajo y le puede salvar la vida. Esto se debe a que este dispositivo no necesita ser operado, al mismo tiempo no incomoda, ni trae como consecuencia algún tipo de efecto secundario ya que no interfiere con el normal funcionamiento del cuerpo humano.



## **2.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **2.4.1 Objetivo general**

Diseñar e implementar un dispositivo electrónico que le permita al conductor de un vehículo saber el momento en el cual se está durmiendo.

### **2.4.2 Objetivos específicos**

- Identificar el método que se va a desarrollar para determinar si el conductor se está quedando dormido.
- Diseñar un prototipo que permita detectar el sueño, según el método que se va a implementar.
- Diseñar un circuito que permita comparar la información obtenida por la relajación del cuerpo humano.
- Programar un controlador, que compare el estado de somnolencia contra el estado de no somnolencia en el cuerpo humano, para saber que decisión debe tomar con respecto a la situación.
- Determinar cuales son los dispositivos que avisen al conductor que está a punto de quedarse dormido.

- Diseñar e implementar un sistema de actuadores para alertar al conductor.
- Implementar el circuito, haciendo las pruebas correspondientes.

## **2.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO**

### **2.5.1 ALCANCES**

A diferencia de otros proyectos que cumplen la misma función, en este proyecto se pretende identificar y manejar una sola variable, la cual se obtendrá de una larga investigación; así mismo se hará el correspondiente procesamiento de los datos obtenidos.

Será de estos datos, donde se tomarán todas las muestras necesarias para desarrollar el proyecto propuesto.

### **2.5.2 LIMITACIONES**

Teniendo en cuenta que la señal obtenida para determinar si la persona se está durmiendo, se toma el tiempo en que el parpado permanece cerrado; esto mediante unos sensores infrarrojos, ubicados en unas gafas, teniendo en cuenta que las facciones de la cara de cada persona no son iguales, se tiene que presentar un prototipo específico de gafas para cada cliente.

En el caso de las mujeres, que usan maquillaje en las pestañas, no permitiría el correcto funcionamiento del detector, porque el efecto de este maquillaje

deja las pestañas curvas, y este efecto produce interferencia de forma continua, marcando así, estado de sueño todo el tiempo.

### 3. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 MARCO TEORICO-CONCEPTUAL

##### 3.1.1 EL SUEÑO

El sueño es una necesidad vital del ser humano y por tanto inevitable, lo que explica que aparezca incluso en condiciones de riesgo. El estado de vigilancia no es parejo a lo largo del día, y durante él, los seres humanos están propensos a dormir especialmente en dos periodos: entre las 2 y 6 de la mañana y entre 2 y 4 de la tarde, el periodo de la siesta. Se observa que la aparición de somnolencia no solamente depende del tiempo que la persona lleva sin dormir (“carga de sueño”), sino que también de un ritmo intrínseco, el circadiano (ciclo sueño-vigilia), que determina cambios periódicos en el nivel de alerta<sup>1</sup>. Esto explica que quien ha tenido un estado de traspaso presenta al siguiente día oscilaciones en el nivel de vigilancia y no una somnolencia progresiva; como se espera encontrar, si el grado de alerta dependiera solo de la privación de sueño en la noche anterior. Por ende, los accidentes de tránsito producto de somnolencia se presentan con mayor frecuencia durante estos dos periodos, particularmente en el nocturno.

En el mundo moderno la principal causa de somnolencia, es la **privación parcial de sueño crónica**. Se estima que actualmente la población duerme una hora menos que hace un siglo; esta situación se explica por el advenimiento de la luz eléctrica, que permite determinar la duración y hora de inicio del sueño. Así, la persona dispone de actividades de entretenimiento

---

<sup>1</sup> Murphy PJ, Campbell SS. Physiology of the Circadian System in Animals and Humans. J Clin Neurophysiol 1996; pag 2-16.

las 24 horas del día (televisión, Internet, juegos electrónicos), alargar o combinar jornadas laborales, estudiar de noche, entre otros. Además, un importante número de trabajadores funciona con sistemas de jornadas nocturnas, constituyendo hasta el 20% de la fuerza laboral en países desarrollados. Muchos de estos trabajos nocturnos incluyen tareas que involucran riesgos personales o para terceras personas, como en el caso de médicos y profesionales de salud en general, chóferes, pilotos de aviación, personal de urgencia de fábrica, guardias de seguridad, carabineros, bomberos, entre otros.

La ocurrencia de choques automovilísticos por somnolencia protagonizados por individuos sin trastornos del sueño también es común, debido principalmente a privación de sueño. Esta situación puede sin embargo, estar menos identificada y probablemente clasificada en accidentes producidos por "fatiga". Así, por ejemplo, el 15% de la población de Finlandia reportó haberse dormido al menos una vez mientras manejaba. Estos accidentes se producen mayoritariamente en jóvenes, es decir, en un grupo distinto de aquél con mayor duración de trastornos del sueño; en un estudio al respecto en Carolina del Norte, la edad promedio fue de 20 años<sup>2</sup>.

Además de la privación de sueño crónica o aguda, otras causas de somnolencia diurna excesiva son los trastornos de sueño, entre ellos el **Síndrome de Apnea del sueño** (el más importante por la interrupción completa del flujo naso bucal), esta condición esta ligada al aumento de los accidentes de tránsito.

---

<sup>2</sup> - Pakola S, Dinges D, Pack A. Driving and Sleepiness. Review of Regulations and Guidelines for Commercial and Noncommercial Drivers with Sleep Apnea and Narcolepsy. Sleep 1995; pag 787-796

### **3.1.1.1 El insomnio crónico**

El insomnio crónico también se asocia a mayor parte de accidentes <sup>3</sup> <sup>4</sup> y a elevados costos socio-económicos por ausentismo laboral debido a sus consecuencias diurnas, como fallas de memoria, disminución del rendimiento a nivel laboral y de la concentración, sensación de fatiga todo el tiempo y somnolencia diurna. El tratamiento de esta condición con inductores de sueño, se debe considerar como una causa de trastornos cognitivos (percepción, la atención, el lenguaje y memoria) y de la destreza motora (como caminar, correr, saltar, girar, atrapar, golpear, entre otros).

### **3.1.1.2 La somnolencia excesiva**

La somnolencia excesiva produce disminución de la atención, afectando la capacidad de reaccionar rápida y eficazmente ante situaciones inesperadas; compromete además la calidad de vida y altera el rendimiento laboral y académico.

La somnolencia excesiva se establece en relación con su interferencia en las actividades de la vida diaria<sup>5</sup>. Levemente es aquella que se presenta sólo en

---

<sup>3</sup> Kripke DF, Simmons RN, Garfinkel L, Hammond EC. Short and long sleep and sleeping pills: is increased mortality associated? Arch Gen psychiatry 1979; pag 103-116.

<sup>4</sup> Kripke DF, Garfinkel L, Wingard DL, Klauber MR, Marler MR. Mortality associated with Sleep Duration and Insomnia. Arch Gen Psychiatry 2002; pag 131-136.

<sup>5</sup> Spielman AJ, Anderson MW. The Clinical Interview and Treatment Planning as a Guide to Understanding the Nature of Insomnia. The CCNY Insomnia Interview. En Chokroverty S, Daroff RB. Sleep Disorders Medicine: Basic Science, Technical Considerations, and Clinical Aspect. 2nd ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 1999, pag 385-420.

reposo o en situaciones monótonas que requieren poca atención (mirar TV, estar como pasajero en un vehículo, entre otros) y que tiene escasa jornada laboral, académica y social, mientras que se considera moderada cuando aparece en situaciones que requieren mayor atención (durante una conversación, en una reunión importante, entre otros). Se cataloga como severa cuando, además de presentarse a diario, aparece incluso en situaciones que requieren niveles altos de atención y concentración (manejar y comer), esto a su vez condiciona interferencia en las actividades de la vida diaria y un marcado compromiso del rendimiento en el individuo.

Pertinen <sup>6</sup> encontró que hasta un tercio de los jóvenes y el 7% de los adultos presentan hipersomnia secundaria a trastornos de sueño y un 2% atribuible a trabajos con la modalidad de jornadas nocturnas.

El análisis de las distintas causas de accidentes de tránsito, incluida la somnolencia, no es fácil, puesto que están involucrados múltiples factores como: del conductor (respeto de las normas de tránsito, habilidades personales, grado de alerta, consumo de alcohol, drogas), hora del accidente, estado de la calzada (curvas, pavimento en malas condiciones, camino de tierra), condiciones climáticas (lluvia, nieve, hielo, visibilidad disminuida por neblina), factores mecánicos (falla de frenos, neumáticos, entre otros) o mezcla de todos ellos.

---

<sup>6</sup> Chokroverty S. An overview of sleep. En Chokroverty S, Daroff RB. Sleep Disorders Medicine: Basic Science, Technical Considerations, and Clinical Aspects. 2nd ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 1999, pag 7-20.

En general, se asume que la somnolencia puede ser causa del accidente, en ausencia de factores tales como fallas mecánicas, condiciones climáticas adversas o mal estado de la calzada. Corresponden a accidentes difícilmente explicables por ejemplo, en una línea recta con excelente visibilidad y pavimento en perfectas condiciones, en los que habitualmente se constata ausencia de maniobras para evitar el choque, como frenar u otros intentos por controlar el vehículo; en este sentido, la información aportada por las investigaciones técnicas de Carabineros es decisiva.

### **3.1.1.3 La apnea del sueño**

La apnea del sueño es el trastorno del sueño más frecuente como causa de somnolencia diurna en adultos activos. Se caracteriza por la presencia de repetidos episodios de obstrucción de la vía aérea superior durante el sueño, habitualmente asociados a la saturación arterial de oxígeno. La prevalencia en adultos de 30 a 60 años es de 4% en hombres y 2% en mujeres, como mínimo. Si se usan criterios menos estrictos puede elevarse a 24% en hombres y 9% en mujeres, respectivamente.<sup>7</sup> Actualmente se prefiere hablar de trastornos respiratorios del sueño, término que incluye otras condiciones relacionadas como el síndrome de resistencia de la vía aérea superior.<sup>8 9</sup> La apnea del sueño es fácil de diagnosticar si se la tiene presente, ya que sus

---

<sup>7</sup> Young T, Palta M, Dempsey J, Skatrud J, Weber S, Badr S. The occurrence of sleep disordered breathing among middle aged adults. N Engl Med 1993; pag 1230-1235.

<sup>8</sup> Guilleminault C, Stoohs R, Shiomi T, Kushida C, Schmittger I. A cause of Excessive Daytime Sleepiness. The Upper Airway Resistance Syndrome. Chest 1993; pag 781-787.

<sup>9</sup> Aldrich MS. Upper airway resistance syndrome. Neurologic Clinic. Sleep disorders 1996; pag 598-609.



síntomas son típicos. Los síntomas fundamentales son los ronquidos y la sensación de tener sueño constante mientras se está despierto, esto se presenta en la gran mayoría de los pacientes.

En la experiencia del Centro del Sueño de la Universidad Católica, la mitad de los pacientes con apnea de sueño reconoce haberse dormido al volante y de ellos la mitad ha sufrido accidentes de tránsito por este motivo. Garbarino y Cols analizaron los accidentes de vehículos motorizados en las autopistas italianas entre 1993 y 1997, para conocer la distribución horaria de los accidentes de tránsito atribuidos a somnolencia por la policía. Estos eventos representaron el 3,2% del total de accidentes, con una mortalidad de 11,4%, versus 5,62% de mortalidad en aquellos accidentes no atribuidos a somnolencia. Se encontró además un claro ritmo horario en la distribución de los accidentes secundarios a somnolencia, con dos claros promedios: uno nocturno de 2-6 AM (período durante el cual existe la menor congestión vehicular) y otro en las primeras horas de la tarde. El aumento de la frecuencia de accidentes es significativamente mayor en el primer grupo promedio, es cuando sube 7 veces el riesgo relativo de accidentalidad. Los períodos de menor accidentalidad se registraron durante la mañana (8 AM a 1 PM) y en horario vespertino (6-9 PM), siendo este último el de más bajo riesgo de accidentes a consecuencia de hipersomnia. Finalmente, observaron también que los accidentes de tránsito no atribuibles directamente a somnolencia presentaban el mismo patrón horario.

Stoohs y Cols <sup>10</sup> estudiaron a 90 conductores de camiones con el objeto de conocer el efecto de los trastornos respiratorios del sueño en los accidentes de tránsito, mediante un cuestionario para identificar síntomas de apnea del sueño y con un estudio de sueño que incluyó registro de frecuencia cardíaca, ronquido, saturación de oxígeno y posición corporal.

Los conductores portadores de trastornos respiratorios del sueño tuvieron el doble de accidentes de tránsito por distancia recorrida comparados con aquéllos que no los tenían, cifra que resultó independiente de la gravedad del trastorno de sueño. Por otra parte, los conductores obesos, con un índice de masa corporal (IMC) > 30 kg/mt, también tenían el doble de accidentes comparados con los de peso normal. Estos autores concluyeron que la presencia de excesiva somnolencia diurna se relaciona a mayor riesgo de accidentes en los conductores de camiones y que los trastornos respiratorios con obesidad son un factor de riesgo para accidentes de tránsito.

George CFP. y Smiley A.<sup>11</sup> Seleccionaron un grupo de pacientes con diagnóstico de apnea del sueño, a quienes se investigó los antecedentes relativos a la conducción de vehículos en el ministerio de transporte de Ontario. Los pacientes fueron subdivididos en tres grupos según el índice de eventos respiratorios y se encontró que el aumento de los accidentes de tránsito estaba restringido a los casos más graves, con un índice de eventos respiratorios sobre 40/hora de sueño.

---

<sup>10</sup> Garbarino S, Nobili L, Beelke M, De Carli F and Ferrillo F. The Contributing Role of Sleepiness in Highway Vehicle Accidents. *Sleep* 2001; pag 203-206.

<sup>11</sup> Stoohs RA, Guilleminault C, Itoi A, Dement WC. Traffic Accidents in Commercial Long-Haul Truck Drivers: The Influence of Sleep-Disordered Breathing and Obesity. *Sleep* 1994; pag 619-623

Otro trastorno del sueño causado por somnolencia diurna y accidentes de tránsito es la narcolepsia, un trastorno del sueño REM, relativamente poco frecuente, con una prevalencia de 0,067% <sup>12</sup> Tradicionalmente incluye:

- 1) **hipersomnia**, requisito para el diagnóstico, habitualmente descrita como “ataques de sueño”, aunque también puede presentarse de modo similar a la somnolencia observada en la apnea del sueño;
- 2) **catalepsia** (hipotonía o atonía episódica no asociada a alteraciones de conciencia, de segundos a minutos de duración inducida frecuentemente por emociones, p. ej: risa);
- 3) **alucinaciones oníricas**, que corresponden a onirismo estando el paciente aún despierto, especialmente en períodos interfásicos sueño/vigilia;
- 4) **parálisis del sueño**, incapacidad para moverse voluntariamente al despertar o iniciar el sueño, de segundos a minutos de duración.

Existen, por lo tanto, en esta enfermedad dos condiciones que predisponen a mayor accidentabilidad, como la hipersomnia diurna y la pérdida súbita del tono muscular (catalepsia) evocada por una emoción intensa, que actuaría como agravante en términos de impedir un rápido accionar ante situaciones inesperadas.

¿Cuál es la postura de sociedades médicas, autoridades administrativas de las autopistas y autoridades de tránsito en relación a este problema?

---

<sup>12</sup> Pakola S, Dinges D, Pack A. Driving and Sleepiness. Review of Regulations and Guidelines for Commercial and Noncommercial Drivers with Sleep Apnea and Narcolepsy. Sleep 1995; pag 787-796.

La American Thoracic Society considera de alto riesgo a conductores con apnea del sueño que presentan somnolencia grave y tienen antecedentes de un accidente de tránsito. Estos pacientes deben ser rápidamente evaluados y tratados, aparte de ser advertidos por escrito del riesgo de accidentabilidad. Recomienda reportar al gabinete de licencias de conducir sólo si:

1. El paciente tiene diagnóstico de apnea del sueño severa e historial de accidentes de vehículos motorizados.
2. O una de las siguientes condiciones:
  - Fracaso de terapia o imposibilidad de implementarla dentro de los dos primeros meses del diagnóstico.
  - Rechazo del tratamiento o no cumplimiento de la suspensión de la conducción de vehículos hasta el inicio de la terapia.

Las cualidades físicas pueden ser entrenadas; de igual forma se puede aprender con facilidad a disminuir el nivel de descarga motora sobre los músculos, es posible relajar la musculatura del ser humano que permanece tensa debido al estrés, generando un gasto inútil de energía. Se sabe también que el estrés reduce el nivel energético y al mismo tiempo impide la recuperación y los músculos contraídos, que siguen perdiendo energía por la noche cuando deberían descansar y no es extraño que muchas personas se levanten por las mañanas agotadas teniendo que enfrentarse aún así a un duro día de trabajo.

Por consiguiente, al inicio del sueño se dan contracciones musculares en las extremidades o en todo el cuerpo; estas contracciones indicarían que la persona acaba de dormirse. Durante el sueño, se producen los movimientos

oculares rápidos que se generan aproximadamente al cabo de 90 minutos del inicio del sueño, signo de que la persona está soñando.

Algunos de estos cambios fisiológicos fueron tomados en cuenta por A. Rechtschaffen y A. Kales para clasificar el sueño en diferentes etapas. Esta clasificación se realiza a partir del registro de los siguientes parámetros electrofisiológicos:

- Electroencefalograma (EEG): medida de la actividad eléctrica cerebral.
- Electroculograma (EOG): medida de los movimientos oculares
- Electromiograma submentoniano: medida del tono muscular.
- Respiración: medida del flujo de aire inspirado y cantidad de movimiento muscular torácico-abdominal.
- Oximetría: cantidad de oxígeno en sangre

Por otra parte, para detectar el nivel de descarga motora en los músculos, se tiene en cuenta que se puede medir el tono muscular. Para ello se pueden usar sensores que permitan detectar este tipo de situación; los sensores permiten detectar manifestaciones de cualidades o fenómenos físicos, como la energía, velocidad, aceleración, tamaño, cantidad, tensión, entre otros. Se puede decir también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro elemento.

### 3.1.2 FASES CEREBRALES DEL SUEÑO

Las dos clases de sueño pueden ser designadas como la fase ortodoxa y la fase paradójica. Los periodos repetidos de sueño asociados a un EEG de bajo voltaje.

#### 3.1.2.1 La fase ortodoxa

La fase ortodoxa, también es llamada fase de onda lenta o como la llaman los investigadores sueño MONR (movimientos oculares no rápidos). El EEG en el hombre está caracterizado por ondas lentas de alto voltaje y puntas más rápidas de 12-14 ciclos por segundo. El pulso y la respiración son bastante regulares y se retiene cierto tono en el sistema musculoesquelético. El semblante se mantiene relativamente inmóvil.

En el ser humano, la fase ortodoxa de sueño ha sido designada como estadios I, II, III y IV de acuerdo con el registro del EEG.

- **Estadio I:** Es un registro de bajo voltaje sin los usos propios del sueño.
- **Estadio II:** Es una etapa de bajo voltaje en la que están presentes los usos de 12-14 ciclos por segundo y ondas lentas de alto voltaje del sueño anterior.
- **Estadio III:** Es aquel en que las ondas lentas de alrededor de 2 ciclos por segundo son más continuas.
- **Estadio IV:** Es una etapa dominada por ondas lentas de alto voltaje de 1-3 ciclos por segundo.

El hombre durante el sueño ortodoxo pierde una gran cantidad de tono muscular esquelético.

### **3.1.2.2 La fase paradójica**

La fase paradójica, también es llamada de bajo voltaje y mayor frecuencia o llamada por los expertos como sueño **MOR** (movimientos oculares rápidos). En el hombre el EEG se caracteriza por sus señales de bajo voltaje con frecuencias predominantes entre 2 y 6 ciclos por segundo, reconociendo una señal alfa.

El relajamiento muscular es mayor durante el sueño paradójico y la razón de consumo de oxígeno del cuerpo es mas alta, como si indicara que este es un sueño ligero.

El científico Williams (1966) estudio la facilidad con que lo humanos pudieran despertar por estímulo auditivo externo. Cuando fueron utilizados estímulos de poca significación se encontró que en el estadio IV de la fase ortodoxa del sueño y en la fase paradójica había grandes dificultades para lograr el despertar. Sin embargo, cuando fueron utilizados estímulos auditivos potencialmente significativos, todavía fue difícil lograr el despertar desde el estadio IV del sueño ortodoxo, pero fue fácil despertar a un humano, tanto del sueño paradójico, como del estadio I del sueño ortodoxo.

### **3.1.3 CONTROL CEREBRAL**

Los dispositivos que detectan señales EMG o EOG han logrado enlazar personas con máquinas para un sin número de aplicaciones, pero en todos los casos el proceso se apoya en las débiles tensiones de origen biológico generadas en músculos u ojos. Se ha conseguido controlar de un modo rudimentario ordenadores sirviéndose de la actividad eléctrica inherente al cerebro mismo.

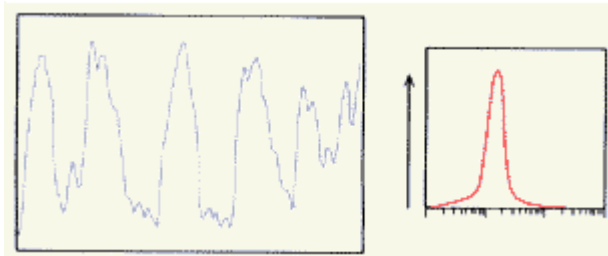
No es ningún descubrimiento que el cerebro produce señales eléctricas susceptibles de medida. En 1929 Hans Berger introdujo el término "electroencefalograma", en abreviatura EEG, para describir el registro de las fluctuaciones de tensiones en el cerebro captadas por unos electrodos fijados al cuero cabelludo. Estas señales EEG proceden de la corteza cerebral, una capa de varios centímetros de espesor de tejido neuronal lleno de circunvoluciones. Los neurólogos creen que el origen de las tensiones EEG está en las células piramidales de esta corteza. Cada una de dichas neuronas constituye un diminuto dipolo eléctrico, cuya polaridad depende de que la entrada de la red a la célula sea de inhibición o de excitación. De ahí que la apretada capa de células piramidales produzca una configuración de actividad eléctrica en constante variación a medida que cambian los impulsos nerviosos.

Las mediciones efectuadas en el cuero cabelludo pueden detectar las configuraciones eléctricas interiores, pero con la atenuación y el desenfoque introducidos por el paso a través del cráneo.

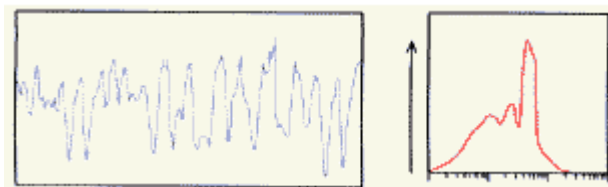
El análisis de las señales EEG continuas, u ondas cerebrales, es en sí mismo una ciencia, con su propia nomenclatura intrincada. Las diferentes ondas, al igual que las numerosas estaciones radioeléctricas, se caracterizan por la frecuencia de sus emisiones o, en ciertos casos, por la morfología de las ondas. Hay cuatro tipos importantes.



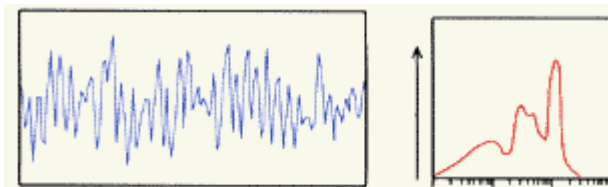
**Tabla 1.** Forma de onda de las señales EEG.



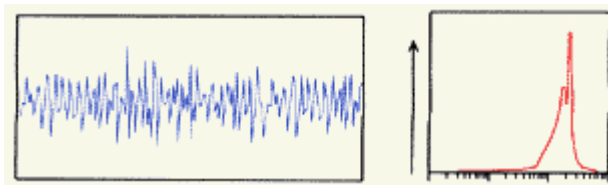
**Las ondas delta**, (10-50 micro voltios), se deben a una oscilación de frecuencia extremadamente baja que sobreviene en los períodos de sueño profundo.



**Las ondas theta**, (50-100 micro voltios), que pueden ir asociadas a las tensiones emocionales, se caracterizan por frecuencias moderadamente bajas.



**Las ondas alfa**, (100-150 micro voltios), producidas a distraer la atención, son de bastante amplitud y moderadas frecuencias.



**Las ondas beta**, (150-200 micro voltios), resultado de una actividad mental intensa, suelen presentar rápidas oscilaciones con amplitudes pequeñas.

### **3.1.3.1 ONDAS BETHA**

Originan un campo electromagnético con una frecuencia comprendida entre 13 y 30 Hz (vibraciones por segundo). Se registran cuando la persona se encuentra despierta y en plena actividad mental. Los sentidos se hallan volcados hacia el exterior, de manera que la irritación, inquietud y temores repentinos pueden acompañar este estado.

### **3.1.3.2 ONDAS ALFA**

Tienen una frecuencia de 8 –12 Hz y están asociadas con estados de relajación. Se registran especialmente momentos antes de dormirse. Sus efectos característicos son: relajación agradable, pensamientos tranquilos y despreocupados, optimismo y un sentimiento de integración de cuerpo y mente.

### **3.1.3.3 ONDAS THETA**

Con una frecuencia de 4-7 Hz., se producen durante el sueño (o en meditación profunda, entrenamiento autógeno, yoga...), mientras actúan las formaciones del subconsciente. Las características de este estado son: memoria plástica, mayor capacidad de aprendizaje, fantasía, imaginación e inspiración creativa.

### 3.1.3.4 ONDAS DELTA

Con una frecuencia de 1-3 Hz, surgen principalmente en el sueño profundo y muy raras veces se pueden experimentar estando despierto. Sus estados psíquicos correspondientes son el dormir sin sueños, el trance y la hipnosis profunda. Las ondas delta resultan de gran importancia en los procesos curativos y en el fortalecimiento del sistema inmunitario.

Los sensores son en realidad unos elementos físicos que pertenecen a un tipo de dispositivo llamado *transductor*. Los transductores son unos elementos capaces de transformar una variable física en otra diferente; los sensores son un tipo concreto de transductores que se caracterizan porque son usados para medir la variable transformada; mientras que la magnitud física suele ser empleada por los sensores como resultado de la tensión eléctrica, debido a la facilidad del trabajo con ella.

Desde el punto de vista de la forma de la variable de salida, se clasifica los sensores en dos grupos: *analógicos*, en los que la señal de salida es una señal continua, analógica; y *digitales*, que transforman la variable medida en una señal digital, a modo de pulsos o bits. En la actualidad los sensores más empleados son los digitales, debido sobre todo a la compatibilidad de su uso con los ordenadores.

A los sensores, se les debe exigir una serie de características, que se pasa ahora a enumerar y comentar:

- ***Exactitud***. Hace referencia a que se debe poder detectar el valor verdadero de la variable sin errores sistemáticos. Sobre varias mediciones, la media de los errores cometidos debe tender a cero.

- **Precisión.** Una medida será más precisa que otra, si los posibles errores aleatorios en la medición son menores. Se debe procurar la máxima precisión posible.
- **Rango de funcionamiento.** El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento, es decir, debe ser capaz de medir de manera exacta y precisa un amplio abanico de valores de la magnitud correspondiente.
- **Velocidad de respuesta.** El sensor debe responder a los cambios de la variable a medir en un tiempo mínimo. Lo ideal sería que la respuesta fuera instantánea.
- **Calibración.** La calibración es el proceso mediante el que se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida que produce el sensor. La calibración debe poder realizarse de manera sencilla y además el sensor no debe precisar una recalibración frecuente.
- **Fiabilidad.** El sensor debe ser fiable, es decir, no debe estar sujeto a fallas inesperadas durante su funcionamiento.
- **Costo.** El costo para comprar, instalar y manejar el sensor debe ser lo más bajo posible.
- **Facilidad de funcionamiento.** Por último, sería ideal que la instalación del sensor no necesitara de un aprendizaje excesivo.

Todas estas características son las deseables en los sensores; sin embargo, en la mayoría de los casos lo que se procurará será un compromiso entre su cumplimiento y el costo que ello suponga a la hora del diseño y fabricación.

#### 3.1.4 INDICES DE ACCIDENTALIDAD VIAL EN COLOMBIA

Teniendo en cuenta la gran problemática no solo nacional sino también mundial, es necesario saber, cuales son los índices de accidentalidad así como sus causas y consecuencias.

### 3.1.4.1 Índice de accidentalidad nacional vial nacional 1986- 2006

A continuación se muestra los índices de accidentalidad brevemente resumidos según el año, así como la cantidad de heridos y muertos.

**Tabla 2.** Índice de accidentalidad nacional vial nacional 1986- 2006

Año	(*) Accidentes	Muertos	Heridos	
			Graves	(*) Leves
1.986	64.289	3535*	13449*	N.D.
1.987	91.723	3833*	15008*	N.D.
1.988	117.933	5039*	19772*	N.D.
1.989	108.506	4032*	18085*	N.D.
1.990	122.112	3704*	16086*	N.D.
1.991	111.462	4.119	18.182	N.D.
1.992	130.304	4.620	21.280	N.D.
1.993	149.940	5.628	33.083	N.D.
1.994	164.202	6.989	45.940	N.D.
1.995	179.820	7.874	52.547	N.D.
1.996	187.966	7.445	50.360	N.D.
1.997	195.442	7.607	49.312	N.D.
1.998	206.283	7.595	52.965	N.D.
1.999	220.225	7.026	52.346	N.D.
2.000	231.974	6.551	51.458	N.D.
2.001	239.838	6.346	47.148	N.D.
2.002	189.933	6.063	42.837	N.D.
2.003	209.904	5.632	36.743	65.214
2.004	229.184	5.483	35.914	77.665
2.005	154.622	5.418	37.669	69.357
<b>2.006</b>	<b>186.362</b>	<b>5481**</b>	<b>34.889</b>	<b>59.433</b>

fuelle:[http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70&Itemid=89](http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=89)

Teniendo en cuenta el periodo del día en el cual ocurrieron los accidentes y en los que solo hubo daños materiales, solo el 29 % fueron de noche, pero en los que aparte de daños materiales hubo muerte o heridos, las estadísticas indican, que no hay mucha diferencia entre si es de día o es de noche, y que las mismas causas que provocan un accidente de día las pueden provocar de noche.

El periodo del día se considera desde las 6:00 a.m. hasta las 6:00 p.m.

**Tabla 3.** Cantidad de accidentes según el periodo del día.

GRAVEDAD DE LOS ACCIDENTES POR PERIODO DEL DÍA			
%	Nocturno	Diurno	Total
Solo daños	29,00	71,00	100
Con muertos	50,43	49,57	100
Con heridos	44,57	55,43	100

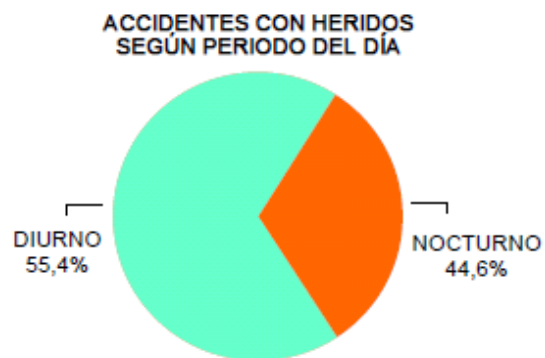
fuelle:[http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70&Itemid=89](http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=89)

**Figura 3.** Accidentes solo daños según el periodo del día.



fuelle:[http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70&Itemid=89](http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=89)

**Figura 4.** Accidentes con heridos según el periodo del día.



fuelle:[http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70&Itemid=89](http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=89)

**Figura 5.** Accidentes con muertos según el periodo del día.



fuelle:[http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70&Itemid=89](http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=89)

### 3.1.4.2 CAUSAS DE LOS ACCIDENTES DE TRANSITO

Los detalles de la causa del accidente son suministrados por el agente de tránsito quien no es un testigo presencial, y el cual se basa en testimonios y suposiciones para determinar una posible causa del evento; de los 186.362 accidentes ocurridos en el 2006, se puede determinar que la responsabilidad o quien ocasiona el accidente es el conductor de vehículo, a continuación se muestra en un porcentaje de 0 a 100% las causas de accidentalidad en Colombia en el 2006, según el fondo de prevención vial.

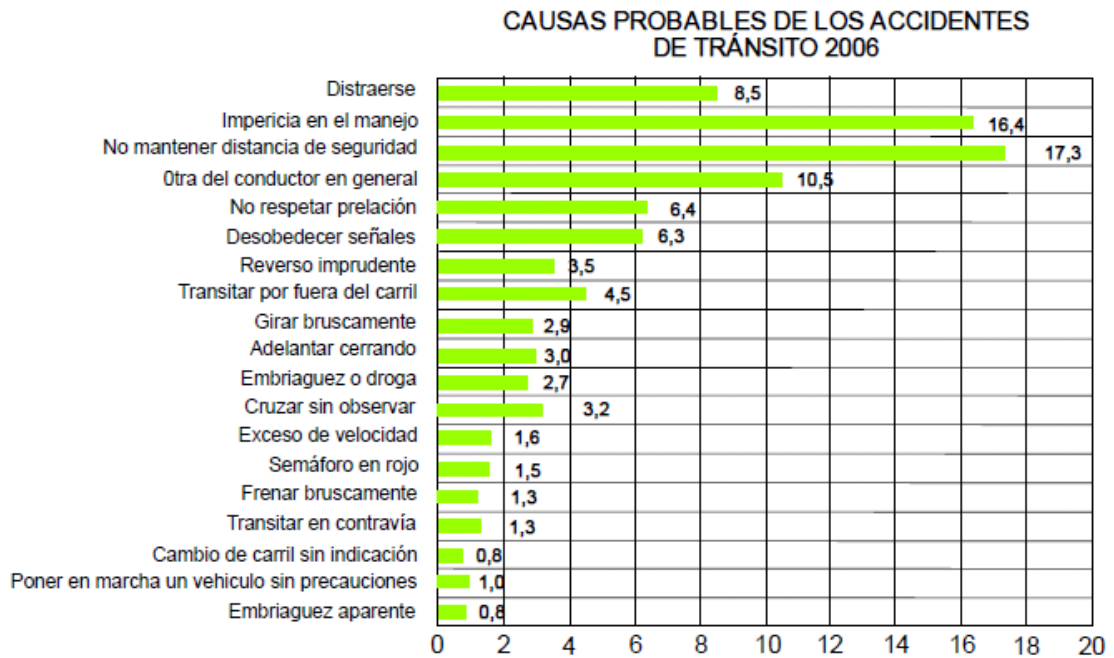
**Tabla 4.** Causas accidentalidad año 2006.

TOTAL NACIONAL 2.006	
Causa	%
Distraerse	8,5
Impericia en el manejo	16,4
No mantener distancia de seguridad	17,3
Otra del conductor en general	10,5
No respetar prelación	6,4
Desobedecer señales	6,3
Reverso imprudente	3,5
Transitar por fuera del carril	4,5
Girar bruscamente	2,9
Adelantar cerrando	3,0
Embriaguez o droga	2,7
Cruzar sin observar	3,2
Exceso de velocidad	1,6
Semáforo en rojo	1,5
Frenar bruscamente	1,3
Transitar en contravía	1,3
Cambio de carril sin indicación	0,8
Poner en marcha un vehículo sin precauciones	1,0
Embriaguez aparente	0,8

fuelle:[http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70&Itemid=89](http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=89)



**Figura 6.** Posibles causas de accidente en el año 2006



fuelle:[http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70&Itemid=89](http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=89)

### 3.1.4.3 Causas probables de los accidentes de tránsito según el factor al cual se le atribuye - Total nacional

No solo los conductores de vehículos ya sea particulares, transporte de pasajeros o carga pesada son responsables de causar un accidente, también se atribuyen responsabilidades a factores ajenos a él como al pasajero, al peatón, la vía, al vehículo, al conductor de motocicleta o bicicleta.

**Tabla 5.** Causas probables de los accidentes de tránsito según el factor al cual se le atribuye

FACTOR	CAUSA PROBABLE	% EN EL GRUPO	% DEL TOTAL
Conductor de bicicleta y motocicleta	TRANSPORTAR OTRA PERSONA O COSAS	6,2	0,42
	NO CONDUCIR EN HORCAJADAS	0,3	
	NO SUJETAR LOS MANUBRIOS	0,3	
	TRANSITAR DISTANTE DE LA ACERA U ORILLA DE LA CALZ	51,4	
	CIRCULAR POR CALZADAS DESTINADAS A BUSES Y BUSETAS	2,6	
	TRANSITAR UNO AL LADO DEL OTRO	2,3	
	SUJETARSE A OTRO VEHÍCULO	0,5	
	TRANSITAR POR VIAS PROHIBIDAS	7,5	
	TRANSITAR ENTRE VEHICULOS	28,9	
	Total	100	
	ADELANTAR EN CURVA	0,3	
	ADELANTAR POR LA DERECHA	0,4	
	ADELANTAR CERRANDO	2,9	
	ADELANTAR INVADIENDO VIA	0,7	
	ADELANTAR EN ZONA PROHIBIDA	0,3	
	APROVISIONAMIENTO INDEBIDO	0,0	
	CAMBIO DE CARRIL SIN INDICACIÓN	0,7	
	CARGA SOBRESALIENTE SIN SEÑALES	0,0	
	SUEÑO POR CANSANCIO	0,2	
	DISTRAERSE	14,7	
	DEJAR OBSTACULOS EN LA VIA	0,1	
	DESObEDECEr SEÑALES	6,1	
	DESObEDECEr AL AGENTE	0,1	
	EMBRIAGUEZ APARENTE	0,8	
	EMBRIAGUEZ O DROGA	2,6	
	EXCESO DE VELOCIDAD	1,5	
	EXPLOSIVOS O SIMILARES CON PASAJEROS	0,0	
FALTA DE MANTENIMIENTO MECANICO	0,5		
FRENAR BRUSCAMENTE	1,2		

Conductor en general	PASAJEROS OBSTRUYENDO EL CONDUCTOR	0,0
	NO MANTENER DISTANCIA DE SEGURIDAD	16,7
	GIRAR BRUSCAMENTE	2,8
	GIRAR SIN INDICACIÓN	0,5
	NO CAMBIAR LUCES	0,0
	ESTACIONAR SIN SEGURIDAD	0,3
	ANIMALES EN LA VÍA	0,3
	TRANSITAR EN CONTRAVÍA	1,3
	RECOGER O DEJAR PASAJEROS SOBRE LA CALZADA	0,2
	TRANSITAR SIN LUCES	0,0
	SALIRSE DE LA CALZADA	0,1
	SUBIRSE AL ANDÉN O VÍAS PEATONALES	0,1
	NO RESPETAR PRELACIÓN	6,2
	REVERSO IMPRUDENTE	3,4
	IMPERICIA EN EL MANEJO	15,8
	TRANSITAR POR FUERA DEL CARRIL	4,4
	TRANSITAR ZIGZAGUEANDO	0,2
	REMOLQUE SIN PRECAUCIÓN	0,0
	INCENDIO POR REPARACION INDEBIDA	0,0
	FALTA DE SEÑALES EN VEHICULO VARADO	0,1
	FALTA DE PRECAUCION POR NIEBLA, LLUVIA O HUMO	0,3
	VEHICULO MAL ESTACIONADO	0,3
	SEMAFORO EN ROJO	1,4
	PONER EN MARCHA UN VEHICULO SIN PRECAUCIONES	1,0
	CARGA SOBRESALIENTE SIN AUTORIZACION	0,1
	ARRANCAR SIN PRECAUCION	0,7
	REALIZAR GIRO EN "U"	0,1
	CONducir VEHICULO SIN ADAPTACIONES	0,0
	EXCESO DE PESO	0,0
	REPARAR VEHICULO EN VIA PUBLICA	0,0

FACTOR	CAUSA PROBABLE	% EN EL GRUPO	% DEL TOTAL
	DEJAR O RECOGER PASAJEROS EN SITIOS NO DEMARCADOS	0,1	54,00
	NO PORTAR ESPEJOS	0,0	
	TRANSITAR CON LAS PUERTAS ABIERTAS	0,2	
	CARGUE O DESCARGUE EN HORAS O SITIOS PROHIBIDOS	0,0	
	TRANSPORTAR PASAJEROS EN VEHICULOS DE CARGA	0,0	
	OTRA	10,1	
	Total	100	
Del vehículo	FALLAS EN LAS LLANTAS	16,4	0,77
	FALLAS EN LOS FRENOS	59,9	
	FALLAS EN DIRECCION	11,8	
	FALLAS EN LUCES DIRECCIONALES	0,7	
	FALLAS EN LUCES DE FRENOS	1,9	
	FALLAS EN LUCES DELANTERAS	0,3	
	FALLA EN EL PITO	0,1	
	FALLA EN EL EXOSTO Y GASES EN EL INTERIOR DEL VEH	0,1	
	FALLA EN EL LIMPIABRISAS	0,6	
	FALLA EN EL SISTEMA ELECTRICO	1,3	
	FALLA EN LAS PUERTAS	1,3	
	FALLAS EN LA TAPA DEL MOTOR	0,1	
	TANQUE DE COMBUSTIBLE MAL UBICADO	0,6	
OTRA	4,9		
	Total	100	
De la vía	AUSENCIA TOTAL O PARCIAL DE SEÑALES	5,8	2,18
	AUSENCIA O DEFICIENCIA DE DEMARCACION	2,6	
	SUPERFICIE LISA	14,3	
	SUPERFICIE HUMEDA	22,6	
	OBSTACULO EN LA VIA	9,7	
	HUECOS	29,3	
	DEJAR O MOVILIZAR SEMOVIENTES EN LA VIA	2,4	
	OTRAS	12,9	
	CAIDA DE OBJETO SOBRE EL VEHICULO	0,3	
	PASAR SEMAFORO EN ROJO	0,6	
	SALIR POR DELANTE DE UN VEHICULO	4,3	
	TRANSITAR POR LA DERECHA EN VIAS RURALES	0,2	
	TRANSITAR POR LA CALZADA	3,7	
Del peatón	JUGAR EN LA VIA	1,6	
	CRUZAR EN DIAGONAL	0,2	
	PARARSE SOBRE LA CALZADA	1,3	
	CRUZAR EN CURVA	0,4	
	CRUZAR SIN OBSERVAR	76,7	
	CRUZAR EN ESTADO DE EMBRIAGUEZ	4,8	
	OTRAS	6,4	
	Total	100,00	
Del pasajero	VIAJAR COLGADO O EN LOS ESTRIBOS	1,9	0,74
	DESCENDER O SUBIR DEL VEHICULO EN MARCHA	8,3	
	PASAJERO EMBRIAGADO	0,4	
	OTRA	89,3	
	Total	100	

fuelle:[http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70&Itemid=89](http://www.fonprevial.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=89)

Teniendo en cuenta estos resultados el 54 % de los accidentes fueron causados por el conductor, es decir que 100635 accidentes fueron causados por la responsabilidad del conductor de los cuales el 0.2% fueron ocasionados por sueño o cansancio del conductor, los cuales no representa muchos números en la estadísticas de accidentalidad y mortalidad, pero que si pudieron ser prevenidos si el conductor por lo menos se hubiese dado cuenta que estaba a punto de quedarse dormido o que su cuerpo no soportaba mas esfuerzo físico, si bien es cierto hay ocasiones en las que no se quiere dormir y sin darse cuenta el cuerpo cuando descansa por unos cuantos segundos entra en un estado de somnolencia, un ejemplo muy claro es el conductor de carga pesada o transporte de pasajeros quienes estan expuestos a largas jornadas de trabajo, estas personas afirman que cuando manejan en una vía donde no hay muchas curvas sino por el contrario son vías casi rectas y si a eso se le suma que lleva manejando mucho tiempo tienen una alta probabilidad de quedarse dormidos ó cerrar sus ojos por unos cuantos segundos.

Es muy importante que el conductor tenga una herramienta en la cual pueda confiar, la cual le indique que sus ojos se cerraron por más de un segundo, que le indique que si sigue manejando puede dormirse, teniendo como consecuencia un seguro accidente, con posibilidades de daños materiales, físico y en el peor de los casos.

Vale la pena aclarar que el detector de sueño no quita las ganas de dormir, su función es prevenir avisando por medio de sus alarmas, es decisión del usuario detenerse y descansar o seguir en sus labores.

### **3.2 MARCO LEGAL**

**LEY 565 DE 2000**(2 de febrero de 2000)“por medio de la cual se aprueba el ‘Tratado de la OMPI — Organización Mundial de la Propiedad Intelectual— sobre derechos de autor (WCT)’ adoptado en Ginebra, el veinte (20) de diciembre de mil novecientos noventa y seis (1996)”.

**LEY 23 DE 1982 DERECHO DE AUTOR.** Los autores de obras literarias, científicas y artísticas gozarán de protección para sus obras en la forma prescrita por la presente ley, y en cuanto fuere compatible con ella, por el derecho común. También protege esta ley a los intérpretes o ejecutantes y productores de fonogramas y a los organismos de radiodifusión, en sus derechos conexos a los del autor.

## 4 METODOLOGIA

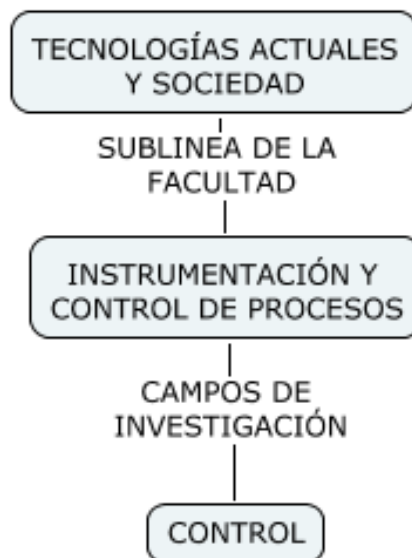
### 4.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto está basado en una investigación Empírico-analítica, esto se debe a que el proyecto que se realizará necesita investigación, experimentación y una serie de cálculos matemáticos, los cuales serán comprobados en el desarrollo físico del proyecto.

### 4.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE USB / SUB-LÍNEA DE FACULTAD / CAMPO TEMÁTICO DEL PROGRAMA

La línea de investigación que se tomará para este proyecto será la siguiente:

**Figura 7.** Línea de investigación.



La sublinea de facultad “INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS”, es la opción más apropiada, ya que reúne la mayoría de los campos de investigación que se necesitan para desarrollar este proyecto.

En cuanto al campo de investigación, teniendo en cuenta que es un proyecto completamente sistematizado, en todo su funcionamiento, se pretende fundamentar el desarrollo en el área de CONTROL.

### **4.3 HIPOTESIS**

Este proyecto pretende comprobar, como estando el cuerpo humano en etapa de sueño, presenta cambios físicos los cuales se desean identificar, obtener, estudiar y analizar, con el fin de aprovecharlos y darle un uso médico preventivo.

### **4.4 VARIABLES**

#### **4.4.1 Variables independientes**

Como variable independiente, el cambio de posición del ojo humano, la cual determina el estado del cuerpo y se desarrolla el estudio y la investigación de este proyecto.



#### **4.4.2 Variables dependientes**

Como variable dependiente se tiene los niveles de voltaje, corriente y radiación, que son determinados por el procesador, luego de haber analizado la variable independiente.

## 5. DESARROLLO INGENIERIL

### 5.1 Señales oculares.

El proyecto se empieza determinando la señal con la cual se estudiará y desarrollará el proyecto.

Teniendo en cuenta que entre las señales que se utilizan para detectar el sueño, las más comunes son las electroencefalográficas, electromiográficas, cardiacas y oculares se hace un cuadro comparativo en el cual se muestra las ventajas y desventajas de cada una, para así determinar cuál es la señal más apropiada para trabajar.

**Tabla 6.** Cuadro comparativo.

<b>SEÑALES</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<b>OCULARES</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Es fácil detectar los parpadeos por minutos.</li><li>✓ Se puede analizar la señal y de igual forma trabajarla.</li><li>✓ De las cuatro señales es la única que no necesita electrodos, con unos sensores infrarrojos basta.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ En el ser humano dependiendo de la edad cambia la cantidad de parpadeo.</li><li>✓ Hay personas que tienen problemas en el parpadeo, haciendo que parpadeen más o menos por minuto</li></ul>
<b>CARDIACAS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ La ubicación del</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ La información que</li></ul>

	<p>sensor sería la más sencilla y menos incomoda para el conductor.</p>	<p>esta señal ofrece puede ser equívoca porque puede determinar relajación y no sueño.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No es conveniente utilizar esta señal como base del proyecto porque el cuerpo humano está cambiando continuamente de ritmo cardiaco.</li> <li>✓ Casi en ninguno de los antecedentes se trabaja con esta señal ya que su porcentaje de eficiencia no es muy alto.</li> </ul>
<p><b>ELECTROMIOGRAFI CAS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Es una señal muy fácil de detectar.</li> <li>✓ Su análisis y procesamiento no requiere mayor estudio.</li> <li>✓ Representa mayor confiabilidad que la</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Al igual que las señales cardiacas esta señal no solo puede determinar sueño sino también relajación.</li> <li>✓ La ubicación de los sensores es la más</li> </ul>

	señal cardiaca	<p>incómoda para el operador ya que tendría que poner más de un electrodo en su cuerpo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ En algunos casos tendría el operador que desabotonar su camisa para ubicar estos sensores.</li> <li>✓ Los cables que salen de los sensores en este caso electrodos causarían incomodidad y fastidio por parte del conductor.</li> </ul>
<b>ELECTROENCEFALOGRAFICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El cerebro tiene una señal determinada dedicada al sueño,</li> <li>✓ Es la señal que representa mayor confiabilidad.</li> <li>✓ La señal de sueño emitida por el cerebro es estándar en todos los seres humanos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Es la señal más complicada de detectar.</li> <li>✓ Es necesario utilizar un electroencefalograma</li> <li>✓ Como el cerebro radia más de una señal es necesario filtrar la señal para obtener solo la que</li> </ul>

	<p>Comprobado hace más de 50 años.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La ubicación de los sensores no representa incomodidad o mucho tiempo para posicionar por parte del operador.</li> <li>✓ Basta con ubicar un gorro prefabricado con electrodos en la cabeza.</li> <li>✓ Al necesitar la asesoría de un neurólogo, que representa mayor confiabilidad.</li> </ul>	<p>necesitamos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El procesamiento digital de esta señal (<b>DSP</b>) es más complicados que las anteriores.</li> </ul>
--	--	--

La consulta concluye que, las señales oculares son las mas apropiadas para desarrollar en este proyecto, esto se debe a su facilidad para captar y analizar, además porque si se usan las señales electroencefalográficas para el usuario o conductor seria incomodo tener pegados a su cuerpo electrodos todo el tiempo lo cual no seria nada practico.

Teniendo en cuenta que el grupo de personas a quienes va dirigido este proyecto no tienen los conocimientos ni la experiencia necesaria para manipular este tipo de dispositivos, se debe diseñar un dispositivo que sea de fácil uso y entendimiento, que no cause ninguna incomodidad.

Es por esto que se decide trabajar con las señales oculares, tomando como base el parpadeo de ojos, se determina, que una persona está a punto de dormirse cuando su parpadeo se hace mas lento; el parpadeo normal de un ser humano dura aproximadamente 300mSeg, se afirma entonces que si los ojos duran cerrados mas de 1.5 seg. la persona ya está a punto de dormirse o ya está dormida.

### **5.1.1 DETECCION DE LOS PARPADOS CERRADOS**

La etapa de detección de la posición del ojo, está definida por unos sensores infrarrojos ubicados en la base de las gafas que está entre la nariz y una de sus patas, de tal forma que al cerrar los ojos, las pestañas crean una interrupción de los LEDS; de esta forma se logra determinar cuando el ojo está abierto y cuando está cerrado, así como el tiempo que este dura cerrado.

Es importante aclarar que la precisión de esta medición esta sujeto a la ubicación del los sensores, es decir, la fisonomía de la cara de todas las personas es diferente, lo que hace que se deba diseñar gafas para cada persona que decida usar este dispositivo, esto se debe a que en cada sujeto la posición de los LEDS debe cambiar teniendo en cuenta el punto de encuentro de las pestañas.

Se tuvieron en cuenta dos formas de saber cuando el parpado está abierto y cuando está cerrado según el circuito infrarrojo utilizado.

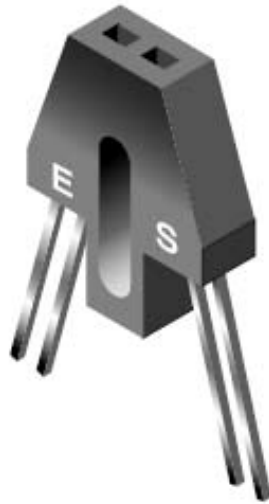
1. Utilizar un fototransistor reflexivo el cual emite un rayo infrarrojo que rebota en el ojo y lo capta el receptor.

2. Ubicar los LEDs infrarrojos a los extremos de los ojos, el cual al cerrar el parpado provoca una interrupción.

#### 5.1.1.1 INFRARROJOS EN LOS EXTREMOS EN LOS OJOS

Aunque la emisión infrarroja dirigida hacia los ojos no provoca ningún efecto nocivo para la visión, como daño de tejidos o en cornea, se decidió no usar un circuito infrarrojo reflexivo, porque las características de funcionamiento de este componente las cuales se enumeran a continuación no son apropiados:

**Figura 8.** Fototransistor reflectivo QRB113

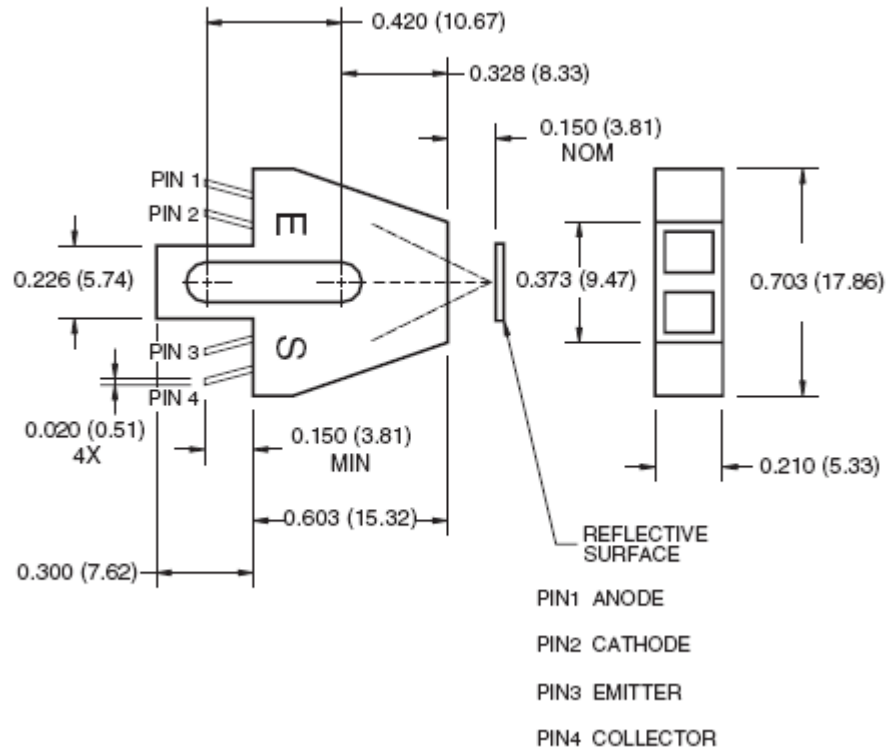


Fuente: <http://search.datasheetcatalog.net/key/QRB113>

1. El óptimo funcionamiento está limitado por la distancia entre la superficie de reflexión y la posición del fototransistor reflexivo , la cual no debe ser superior a 1cm; y teniendo en cuenta la forma geométrica

del componente no sería nada práctico y cómodo para el conductor porque crearía molestia y distracción tener un objeto tan cerca del ojo.

**Figura 9.** Medidas de fototransistor reflectivo QRB113

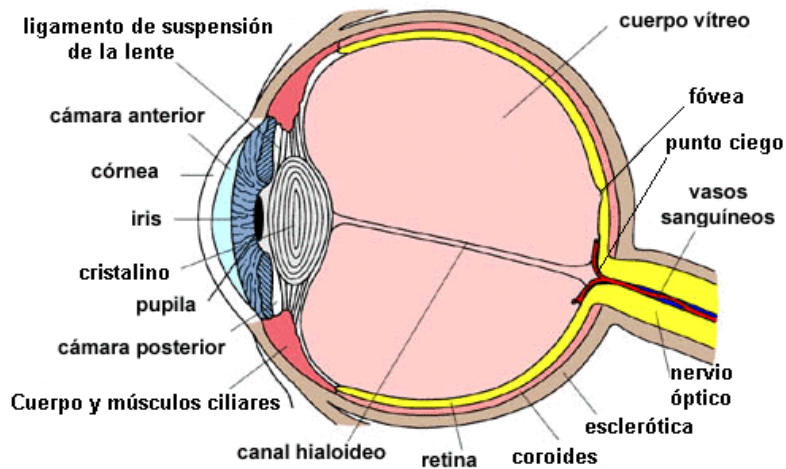


Fuente <http://search.datasheetcatalog.net/key/QRB113>

2. Teniendo en cuenta que el ojo humano tiene una superficie brillante no es un espejo sino un cristal, los rayos que sobre él influyen se refractan y otros se reflejan.



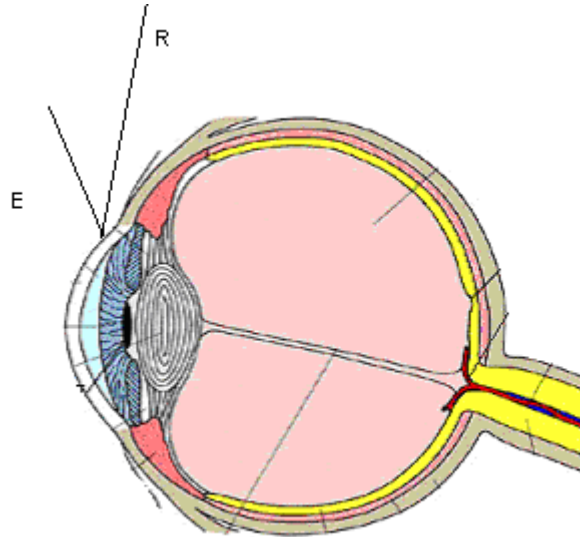
**Figura 10.** Ojo humano internamente.



Fuente: <http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/Instrumentos/ollo/ollo.htm>

3. Según las leyes de la física óptica de reflexión y refracción; cuando un rayo se refleja, el ángulo de incidencia es el mismo ángulo de reflexión esto siempre que sea una superficie plana, cuando la superficie es curva el ángulo que se refleja no es el mismo ángulo de incidencia. La superficie de la cornea es curva y no plana como requiere el fototransistor reflexivo para tener un óptimo funcionamiento. Entonces el rayo emitido por el emisor tomará un camino diferente al que se necesita para que receptor reciba la señal.

**Figura 11.** Rayo emitido y rayo reflejado



Fuente:<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicalInteractiva/OptGeometrica/Instrumentos/ollo/ollo.htm>

Se toma la decisión de ubicar los infrarrojos a los costados de los ojos porque no causa ninguna molestia al usuario y no hay emisión de rayo infrarrojo hacia los ojos.

## 5.2 DESARROLLO DEL CIRCUITO INFRARROJO PARA SENSAR UBICACIÓN DE LOS PARPADOS.

### 5.2.1 CIRCUITO EMISOR

Teniendo en cuenta que el circuito está alimentado con un voltaje de 5.0v D.C, y que el diodo emisor consume entre 1.5 y 2.0v D.C, se sabe cual es el valor del voltaje de la resistencia, con estos valores podemos calcular el valor de la resistencia.

$$V_r = 5v - 1.8v$$

$$V_r = 3.2v$$

Teniendo en cuenta la máxima corriente que soporta el LED emisor (150mA) y por ley de Ohm

$$R = V/I$$

$$R = 3.2V/150mA = 21.33 \Omega$$

$$R = 22 \Omega$$

**Figura 12.** Led infrarrojo emisor



### 5.2.2 ETAPA RECEPTORA

Es un semiconductor que tiene la propiedad de cambiar la corriente que circula a través de él, de acuerdo a la cantidad de luz que incida su área fotosensible. Una variante especial de los fotodiodos es el fotodiodo infrarrojo, el cual posee un filtro que le permite aceptar únicamente señales luminosas de este tipo.

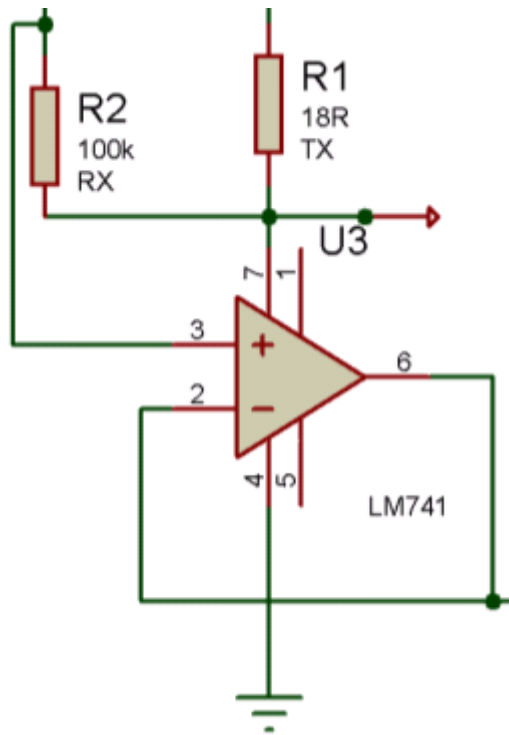
**Figura 13.** Fotodiodo



Se utilizan seguidores de voltaje para acoplar impedancias en donde la impedancia de entrada es muy alta y aproximadamente igual a la ganancia del lazo abierto y a la impedancia de entrada del amplificador operacional, en contraste, la impedancia de salida es muy baja dependiendo del amplificador operacional utilizado.

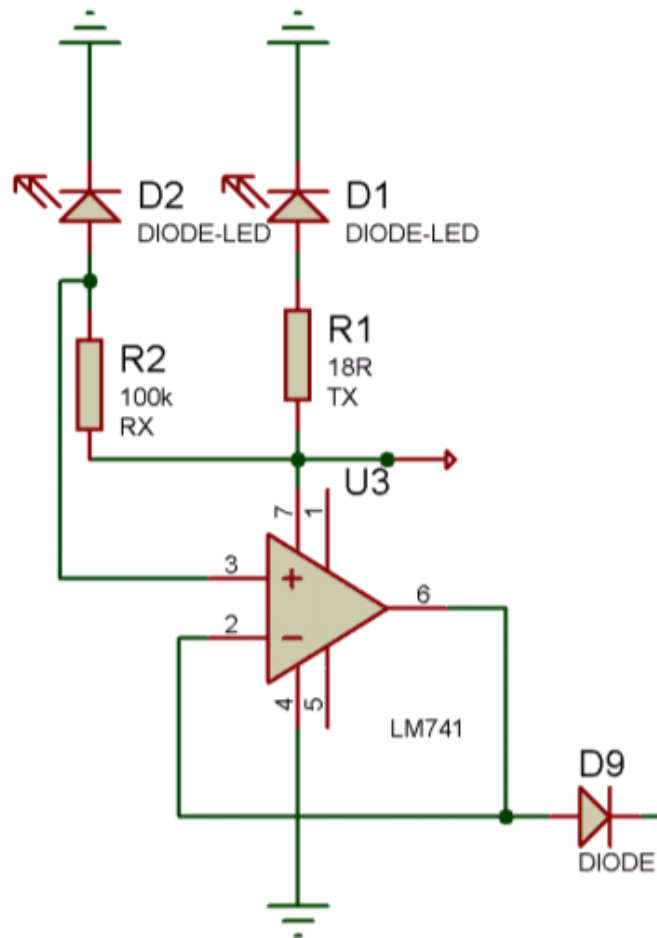
Este circuito es muy útil cuando se utilizan sensores, tales como fotodiodos, foto resistores, fototransistores, de temperatura, entre otros. Este circuito se agrega con el fin de evitar que caiga el voltaje en la salida de los sensores cuando se agrega algún otro circuito.

**Figura 14.** Circuito amplificación infrarroja.



A continuación se muestra el circuito emisor y receptor utilizado en el desarrollo del proyecto.

**Figura 15.** Circuito infrarrojo emisor- receptor.



### 5.3 ETAPA PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE SEÑAL.

Teniendo en cuenta que una persona ya sea por cansancio o desgaste físico después una larga jornada de trabajo, sin querer se está durmiendo, el parpadeo de los ojos empieza a ser cada vez mas lento y con menos frecuencia, es por esto que se decidió tomar un tiempo determinado, para concluir que el conductor esta a punto de dormirse. 1.5 segundos es el

tiempo que debe permanecer el parpado cerrado para concluir estado de sueño.

El análisis de los tiempos se realizan el microprocesador **PIC 16F628A**, por su bajo costo y porque sus características de funcionamiento le permite ser indicado para el desarrollo del proyecto.

A continuación se muestra algunas de las características más importantes del **PIC 16F628A**

### **5.3.1 PIC 16F628A**

- **Características Generales:**

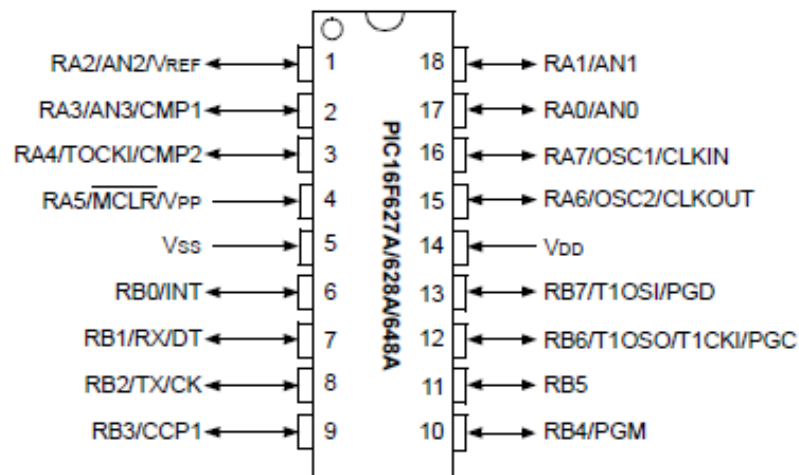
- ✓ Baja Potencia Interior oscilador de 37 kHz
- ✓ Oscilador externo de apoyo para cristales y resonadores.
- ✓ Ahorro de energía para modo de espera
- ✓ Programable débil pull-ups en PORTB
- ✓ Borrar multiplexados Master / Input-pin
- ✓ Temporizador Watchdog con oscilador independiente para un funcionamiento fiable
- ✓ Baja tensión de programación
- ✓ Programable código de protección
- ✓ Amplio rango de tensión de funcionamiento. (2,0 - 5.5V)
- ✓ Alta resistencia Flash / EEPROM de células

- **Corriente:**

- ✓ 100 nA 2.0V, típico

- **Corriente de funcionamiento:**
  - ✓ 12 $\mu$ A 32 kHz, 2.0V, típico
  - ✓ 120 $\mu$ A 1 MHz, 2.0V, típico
- **Timer1 oscilador actual:**
  - ✓ 1.2 $\mu$ A 32 kHz, 2.0V, típico
- **Velocidad de doble oscilador interno:**
  - ✓ Tiempo de ejecución seleccionable entre 4 MHz y 37 kHz
  - ✓ 4 $\mu$ s despertar del sleep, 3,0 V, típico
- **Características periféricas:**
  - ✓ 16 puertos de I / O con control de dirección
  - ✓ Dos comparadores analógicos
  - ✓ Programación de voltaje de referencia (VREF) módulo
  - ✓ 10-bits PWM

Figura 16. PIC 16F628A



Fuente: [http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets\\_pdf/P/I/C/1/PIC16F628A-E\\_ML.shtml](http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/P/I/C/1/PIC16F628A-E_ML.shtml)



- **Aplicaciones.**

Van desde cargadores de batería de baja potencia a distancia y sensores. La tecnología Flash permite la personalización de programas de aplicación (niveles de detección, generación de pulso, temporizadores, etc) extremadamente rápidos.

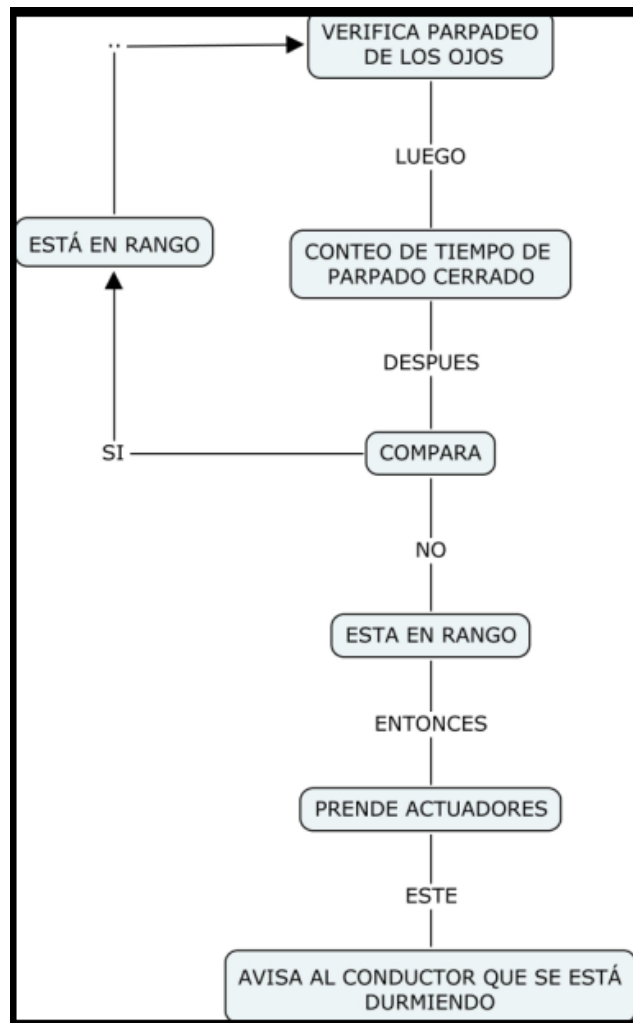
- ✓ Bajo costo
- ✓ Baja potencia
- ✓ Alto rendimiento
- ✓ Facilidad de uso y I / O que la flexibilidad.

Una variedad de gamas de frecuencia y varias opciones están disponibles. Dependiendo de la aplicación y la producción requisitos, la opción de los dispositivos adecuados pueden ser seleccionados utilizando la información en el PIC.

### **5.3.2 DISEÑO DE CIRCUITO DE PROCESAMIENTO**

El voltaje del fotodiodo cuando esta recibiendo luz infrarroja es de 0.5 a 1v D.C, cuando hay interrupción es de 4.5vD.C, el microprocesador (16F628A) toma estos voltajes con ceros o unos lógicos, a continuación se muestra la distribución de pines que se utilizó.

En el siguiente diagrama de flujo se explica el procedimiento que se tiene en cuenta, para el desarrollo implementación del programa y en microprocesador.



El siguiente código de línea representa la programación implementada en el microprocesador **PIC16F628A**, cuando el Pin A4 recibe una interrupción el Timer de desbordamiento empieza un conteo de 0 a 255, cuando pasa de 255 a 0, se da la orden de prender los actuadores. El conteo de 0a 255, tiene una duración de 1.5seg.

```
INCLUDE <P16F628A.INC>
```

```
CBLOCK 0x21
```

RegistroTiempo

ENDC

Carga1s EQU d'15'

TMR0\_Carga EQU -d'195'

#DEFINE Motor PORTB,3

#DEFINE Motor1\_D PORTB,4

#DEFINE Motor1\_I PORTB,5

#DEFINE Motor2\_D PORTB,6

#DEFINE Motor2\_I PORTB,7

#DEFINE Buzzer PORTA,3

#DEFINE Cero PORTA,2

#DEFINE Pulsador PORTA,4

ORG 0

goto Inicio

ORG 4 ; Vector de interrupción.

goto Timer0\_Interrupcion

Inicio

CLRF PORTA

CLRF PORTB ; Limpia los latches de los puertos colocándolos en cero

MOVLW 0x07 ; Apaga los comparadores

MOVWF CMCON ; y habilita los pines como I/O

```

;
bsf          STATUS,RP0  ; Acceso al Banco 1.

movlw  b'00000111'
movwf  OPTION_REG  ; RA4/T0CKI. Prescaler asignado al Watchdog.

bsf          Pulsador
bcf          Buzzer  ; Línea del Buzzer configurada como salida.
bcf          Motor
bcf          Motor1_D
bcf          Motor1_I
bcf          Motor2_D
bcf          Motor2_I
bcf          Buzzer
bcf          Cero

bcf          STATUS,RP0  ; Acceso al Banco 0.

bsf  Cero

movlw  Carga1s
movwf  RegistroTiempo
movlw  TMR0_Carga          ; Carga el TMR0.
movwf  TMR0
movlw  b'10100000'
movwf  INTCON          ; Autoriza interrupción del TMR0 (T0IE) y la GIE.
goto  Principal

FinPulsador
bsf  Cero

```

```

bcf      Motor1_D
bcf      Motor1_I
bcf      Motor2_D
bcf      Motor2_I
bcf      Motor
bcf      Buzzer

movlw   Carga1s
movwf   RegistroTiempo
movlw   TMRO_Carga      ; Carga el TMR0.
movwf   TMRO

```

Principal ; No puede pasar a modo bajo consumo porque

```

btfsc   Pulsador
goto    FinPulsador
goto    Principal      ; el Timer 0 se detendría.

```

Timer0\_Interrupcion

```

movlw   TMRO_Carga
movwf   TMRO          ; Recarga el TMR0.
decfsz  RegistroTiempo,F ; Decremento el contador.
goto    FinInterrupcion
bsf     Buzzer        ; Buzzer encendido después de 1 seg.

bcf     Cero
bsf     Motor1_D
bsf     Motor1_I
bsf     Motor2_D
bsf     Motor2_I

```

bsf            Motor

movlw Carga1

movwf RegistroTiempo

movlw TMR0\_Carga

movwf TMR0                            ; Recarga el TMR0.

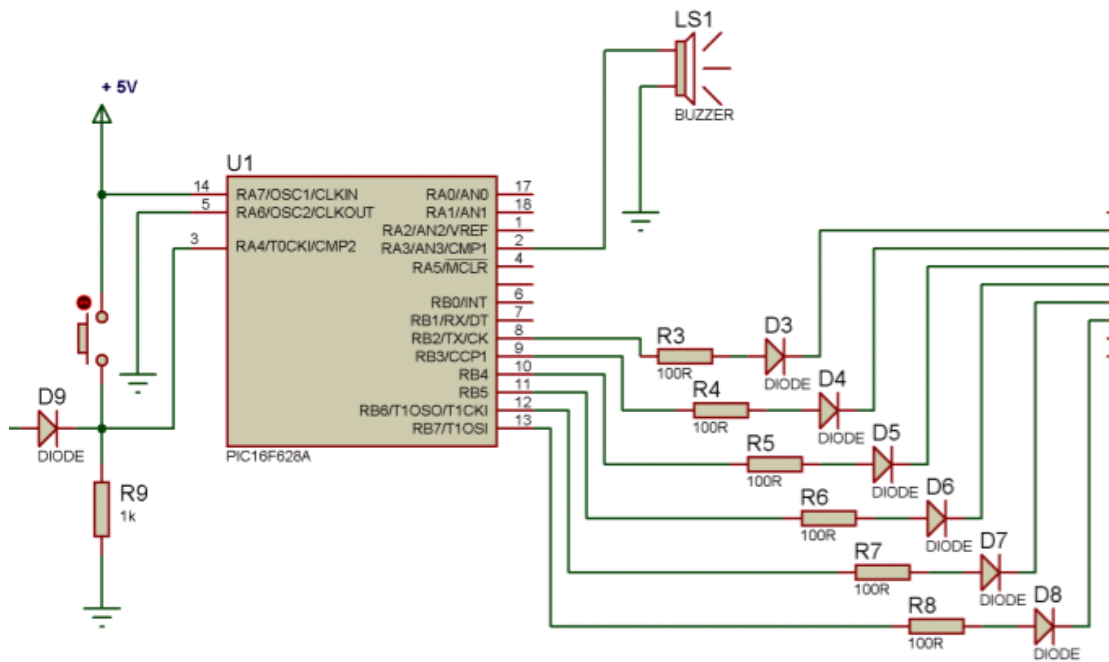
FinInterrupcion

bcf    INTCON,TOIF                ; Repone flag del TMR0.

retfie                                ; Retorno de interrupción.

END

Figura 17. Distribución de pines del circuito de procesamiento.



## 5.4 ACTUADORES

Luego de estudiar varias opciones, con respecto a los actuadores, que se utilizaran en el proyecto:

- Apagar el vehículo.
- Motores vibradores en la espalda.
- Fuerte pito, cerca de la oreja.
- Prender la radio y subir todo el volumen automáticamente.
- Una pequeña descarga eléctrica.

Después de estudiar cuidadosamente las anteriores opciones, y evaluar los pros y los contras de cada una, se obtienen las siguientes conclusiones.

La opción de apagar el motor del vehículo se descarta porque se pierde el control del automotor, ya que, este cuando se apaga bloquea el timón; en cuanto a prender el radio y subir todo el volumen, es una buena opción pero a su vez la mas complicada, por la instalación y porque se pretende no intervenir con los circuitos electrónicos del vehículo; la descarga eléctrica se descarta porque no se quiere ocasionar algún daño físico.

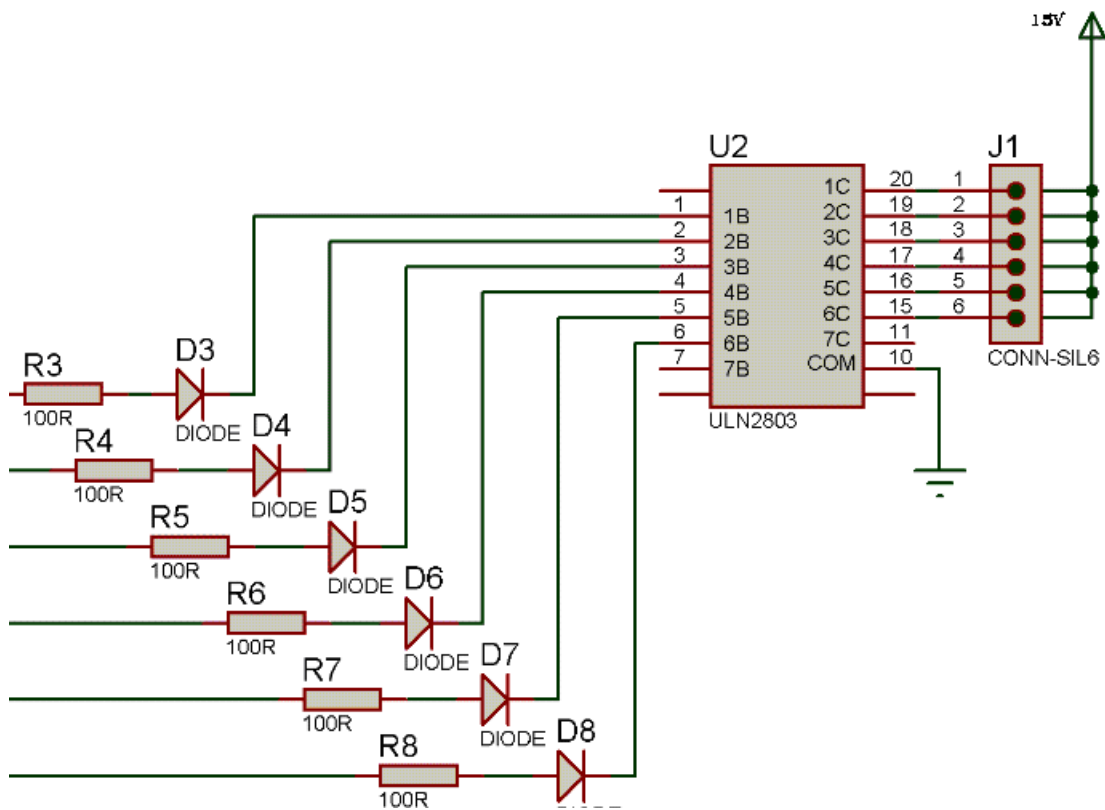
Los motores vibradores en la espalda representan la mejor opción, ya que son muy sencillos de manejar, manipular y reparar en caso de daño; su circuito electrónico y la etapa de potencia no son muy complicados y ocupa un espacio muy pequeño.

Como no todos los sistemas que utilizan actuadores son 100% eficaces, entonces, se complementara con un sonido fastidioso al oído humano generado por un pito, los cuales serán ubicados cerca a las orejas; con estos

actuadores se tendrá un sistema con una redundancia tipo dos, que aumentara la posibilidad que el operador no se quede o continúe durmiendo.

Los vibradores son motores de 15vDC con excéntricas (ver **Figura 19**), que al empezar a funcionar, provoca un efecto de vibración, los motores están en pequeñas cajas de plástico (ver **Figura 20**), para que el efecto de vibración sea mas intenso, estas cajas están posicionadas en la silla del conductor , sobre la silla, en una colchoneta, a continuación se muestra el desarrollo electrónico.

**Figura18.** Distribución de pines ULN2803





**Figura 19.** Motores vibradores usados.



**Figura 20.** Cajas utilizadas para ubicar los motores vibradores usados.

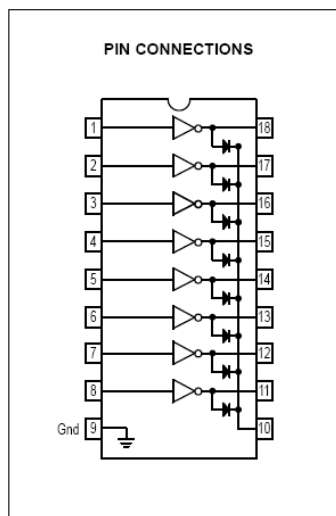


La corriente máxima que entrega un microcontrolador no es mayor 150mA, corriente insuficiente para prender un motor de 15VDC, por esto se usa un drive ULN2803, el cual está encargado de amplificar la corriente, según las características del motor.

### 5.4.1 ULN2803

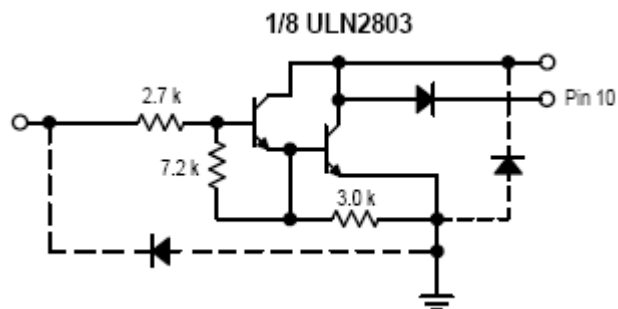
La composición interna del ULN2803, esta compuesta de transistores NPN en cascada, que amplifican la corriente, que el microcontrolador envía a los motores.

**Figura 21.** Drive ULN2803.



Fuente. <http://search.datasheetcatalog.net/key/ULN2803>

**Figura 22.** Composición interna del ULN2803



Fuente. <http://search.datasheetcatalog.net/key/ULN2803>

Se muestra a continuación las características eléctricas, que definen las condiciones de funcionamiento del ULN2803.

**Tabla 7.** Características de trabajo del ULN2803

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted)

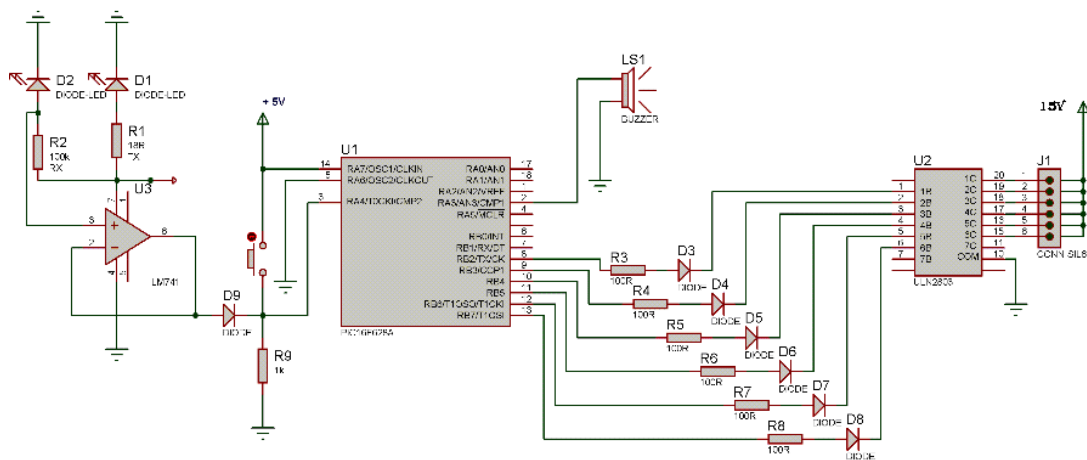
Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Output Leakage Current (Figure 1) ( $V_O = 50\text{ V}$ , $T_A = +70^\circ\text{C}$ ) ( $V_O = 50\text{ V}$ , $T_A = +25^\circ\text{C}$ ) ( $V_O = 50\text{ V}$ , $T_A = +70^\circ\text{C}$ , $V_I = 6.0\text{ V}$ ) ( $V_O = 50\text{ V}$ , $T_A = +70^\circ\text{C}$ , $V_I = 1.0\text{ V}$ )	All Types All Types ULN2802 ULN2804	$I_{CEX}$	–	–	100 50 500 500	$\mu\text{A}$
Collector–Emitter Saturation Voltage (Figure 2) ( $I_C = 350\text{ mA}$ , $I_B = 500\text{ }\mu\text{A}$ ) ( $I_C = 200\text{ mA}$ , $I_B = 350\text{ }\mu\text{A}$ ) ( $I_C = 100\text{ mA}$ , $I_B = 250\text{ }\mu\text{A}$ )	All Types All Types All Types	$V_{CE(sat)}$	–	1.1 0.95 0.85	1.6 1.3 1.1	V
Input Current – On Condition (Figure 4) ( $V_I = 17\text{ V}$ ) ( $V_I = 3.85\text{ V}$ ) ( $V_I = 5.0\text{ V}$ ) ( $V_I = 12\text{ V}$ )	ULN2802 ULN2803 ULN2804 ULN2804	$I_{I(on)}$	–	0.82 0.93 0.35 1.0	1.25 1.35 0.5 1.45	mA
Input Voltage – On Condition (Figure 5) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 300\text{ mA}$ ) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 200\text{ mA}$ ) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 250\text{ mA}$ ) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 300\text{ mA}$ ) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 125\text{ mA}$ ) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 200\text{ mA}$ ) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 275\text{ mA}$ ) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 350\text{ mA}$ )	ULN2802 ULN2803 ULN2803 ULN2803 ULN2804 ULN2804 ULN2804 ULN2804	$V_{I(on)}$	–	–	13 2.4 2.7 3.0 5.0 6.0 7.0 8.0	V
Input Current – Off Condition (Figure 3) ( $I_C = 500\text{ }\mu\text{A}$ , $T_A = +70^\circ\text{C}$ )	All Types	$I_{I(off)}$	50	100	–	$\mu\text{A}$
DC Current Gain (Figure 2) ( $V_{CE} = 2.0\text{ V}$ , $I_C = 350\text{ mA}$ )	ULN2801	$h_{FE}$	1000	–	–	–
Input Capacitance		$C_I$	–	15	25	pF
Turn–On Delay Time (50% $E_I$ to 50% $E_O$ )		$t_{on}$	–	0.25	1.0	$\mu\text{s}$
Turn–Off Delay Time (50% $E_I$ to 50% $E_O$ )		$t_{off}$	–	0.25	1.0	$\mu\text{s}$
Clamp Diode Leakage Current (Figure 6) ( $V_R = 50\text{ V}$ )	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = +70^\circ\text{C}$	$I_R$	–	–	50 100	$\mu\text{A}$
Clamp Diode Forward Voltage (Figure 7) ( $I_F = 350\text{ mA}$ )		$V_F$	–	1.5	2.0	V

Fuente. <http://search.datasheetcatalog.net/key/ULN2803>

## 5.5 CIRCUITO FINAL

Por último se presenta el diseño final, donde se muestra el acople de los circuitos anteriormente mostrados y explicados.

Figura 23. Circuito final.



La alimentación de todo el circuito proviene de la salida DC del vehículo, el cual es aproximadamente de 15Vdc

## CONCLUSIONES

- Para determinar el estado de sueño por medio de las señales electroencefalográficas, electro miografías y electroculograficas, es necesario tener los equipos de alta tecnología necesarios para obtener óptimos resultados, esto se debe a que estas señales se encuentran en rangos de muy bajos niveles de voltajes, donde cualquier ruido es superior a estas señales.
- Aunque la persona sepa que está cansada y que tiene sueño, no tiene pleno dominio de sus acciones en el momento de decidir no quedarse dormido; es el cerebro quien envía la orden al cuerpo de tomar un descanso, a esto se debe la gran cantidad de accidentes provocados por personas que se duermen mientras conducen.
- Teniendo en cuenta, que el objetivo principal del proyecto, es detectar el momento en el cual una persona esta a punto de dormirse, no es nada práctico y cómodo para el conductor usar un casco con electrodos pegado todo el tiempo para detectar las señales que le indicarían a un software el estado de somnolencia o alerta de la persona, a esto se le suma, que debe también tener electrodos en el cuerpo, porque para tener una precisión absoluta tanto de señales electroencefalográficas como las elecromiografias, se necesita obtener una información mas exacta; sería de mucha ayuda para investigaciones científicas, que se realicen en un laboratorio, y no para uso diario.

## RECOMENDACIONES

- Aunque el conductor este usando el detector de sueño, no se debe confiar en un 100% del dispositivo, debe tomar precauciones, como descansar y relajarse tanto física como mentalmente.
- Tener en cuenta que el dispositivo no quita el sueño, sólo avisa a la persona que se esta durmiendo, esto con el fin de alertar al conductor para que este tome una inmediata decisión.
- En el caso de ser alertado por el dispositivo detector de sueño, se recomienda, detenerse de inmediato y tomar un descanso, ya sea dentro del vehículo o bajando del mismo para hacer un poco de estiramiento muscular, con el fin de despertar un poco el cuerpo para seguir el camino hasta un lugar donde se pueda descansar el tiempo que sea necesario para estar nuevamente preparado para continuar conduciendo.
- El dispositivo debe ser probado, antes de su uso en carretera, esto con el fin de verificar, si los sensores están bien ubicados, para que no cause incomodidad al conductor prentiendo alarmas cuando no se presenta estado de somnolencia.
- Teniendo en cuenta que las gafas se diseñan para cada persona, porque cada persona tiene una fisonomía diferente, el uso de ellas se

hace exclusivo de la persona a la cual se diseño, esto con el fin de garantizar su óptimo funcionamiento.

## BIBLIOGRAFIA

- **COUGHLIN, Robert F.** Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales. Mexico. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana [1996]
- **FISCHGOLD, H.** Un electroencefalograma. Madrid, Barcelona. Ed. Daimon [1963]
- **KARBOWSKI, Kazimierz.** El electroencefalograma en la crisis epiléptica. Buenos Aires. Ed. Méica Panamericana [1978]
- **MILLIMAN, Jacob.** Electrónica Integrada: Circuitos y sistemas analógicos y digitales. Barcelona, España. Ed. Milano Europea S.A. [1995]
- **RASHID, Muhammand.** Circuitos microelectrónicos análisis y diseño. Florida. Ed. Thomson Editores [2000]
- **SAVANT, C.J.** Diseño electrónico: circuitos y sistemas. Segunda edición. Buenos Aires, Argentina. Ed. Addison Wesley Iberoamericana [1992]
- **WALER, G.J.** Amplificadores operacionales en audio. Madrid, España. Ed. Paraninfo [1990]



## CIBERGRAFIA

- [http://www.siemensvdo.es/press/releases/chassis/2006/SV-2006-08-038\\_esp.htm](http://www.siemensvdo.es/press/releases/chassis/2006/SV-2006-08-038_esp.htm)
- [http://icamotorediciones.es/index.php?option=com\\_content&task=view&id=1704&Itemid=174](http://icamotorediciones.es/index.php?option=com_content&task=view&id=1704&Itemid=174)
- <http://usuarios.lycos.es/dormirydescansar/fasesdel.htm>
- <http://www.simmons.com.mx/etapas.htm>
- [http://www.insp.mx/Portal/Cuidados\\_salud/sueno/sueno02.html](http://www.insp.mx/Portal/Cuidados_salud/sueno/sueno02.html)
- [http://www.insp.mx/Portal/Cuidados\\_salud/sueno/sueno01.html](http://www.insp.mx/Portal/Cuidados_salud/sueno/sueno01.html)
- [http://www.insp.mx/Portal/Cuidados\\_salud/sueno/sueno02.html](http://www.insp.mx/Portal/Cuidados_salud/sueno/sueno02.html)
- [http://www.insp.mx/Portal/Cuidados\\_salud/sueno/sueno0503.html](http://www.insp.mx/Portal/Cuidados_salud/sueno/sueno0503.html)
- [http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/intelligentcar/technologies/tech\\_05/index\\_es.htm](http://ec.europa.eu/information_society/activities/intelligentcar/technologies/tech_05/index_es.htm)
- <http://www.fenix-forum.com.ar/foro/showthread.php?t=7572>
- <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/medicina/2007860/lecciones/glosario/glosario.htm>

- [http://www.solarlight.com/products/detectors.html?gclid=CKrawdvE\\_JQCFQE0xgodnBiKcw#UVA](http://www.solarlight.com/products/detectors.html?gclid=CKrawdvE_JQCFQE0xgodnBiKcw#UVA)
- [http://www.ibv.org/Shop/usuario/productos/IBV/fichaproducto21\\_aplicaciones.asp?idTipo=&idProducto=1162&acc=ver&acc2=prod](http://www.ibv.org/Shop/usuario/productos/IBV/fichaproducto21_aplicaciones.asp?idTipo=&idProducto=1162&acc=ver&acc2=prod)
- <http://www.revistaesalud.com/index.php/revistaesalud/article/viewArticle/253/570>
- <http://colombiamedica.univalle.edu.co/Vol35No2/cm35n2a1.htm>
- <http://www.encuentros.uma.es/encuentros53/aplicaciones.html>
- <http://www.efn.uncor.edu/escuelas/biomedica/Lab%20Ing%20en%20ehabilitaci%F3nn.htm>
- [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/msp/amador\\_g\\_ja/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/msp/amador_g_ja/capitulo2.pdf)
- <http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicalInteractiva/OptGeometrica/Instrumentos/ollo/ollo.htm>
- <http://servicios.laverdad.es/cienciaysalud/medicina.htm>
- <http://library.thinkquest.org/C001501/mainspan.htm>

