



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS AUTÓNOMA, ACCIONADA MEDIANTE ONDAS CEREBRALES, PARA LA ASOCIACIÓN DE LIMITADOS PLÉJICOS DE TUNGURAHUA (ASOPLEJICAT)”

AUTOR: NÉSTOR DAMIÁN LASLUIA GARCÉS

DIRECTOR: ING. MAURICIO CRUZ

CO DIRECTOR: ING. MARCO SINGAÑA

Latacunga, 26 de febrero de 2015



INTRODUCCIÓN



El presente proyecto consiste en la elaboración de una silla de ruedas electrónica, la cual está destinada a personas con limitaciones pléjicas, permitiéndoles controlarla mediante las señales captadas por un electroencefalógrafo.



OBJETIVO GENERAL:

Diseñar y construir una silla de ruedas autónoma, accionada mediante ondas cerebrales, para la ASOPLEJICAT.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Establecer parámetros de diseño para el producto mecatrónico.
- Diseñar los sistemas mecánico, electrónico e informático.
- Seleccionar materiales para el sistema mecatrónico.
- Construir el sistema mecatrónico.
- Realizar pruebas de funcionamiento y análisis de resultados.



CAPÍTULO I

GENERALIDADES



Tetraplejía

- Afección que provoca parálisis y pérdida de sensibilidad en la parte superior e inferior del cuerpo humano.
- Provocada por factores externos (accidentes) e internos (patologías).
- Los cuidados se enfocan en la sensibilidad, la parte emocional, cuidado de tejidos muertos.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SILLAS DE RUEDAS



Manuales



Eléctricas



Sillas de ruedas eléctricas



Tracción trasera

Tracción delantera



Tracción central



Sillas de ruedas eléctricas



Interior/exterior



Híbrida

Exterior



Bipedestadoras



Sillas de ruedas: Partes

Chasis

Plegable



Rígido



- Acero: Buen acabado, duradero, fácil limpieza, barato, pesado.
- Aluminio: Liviano, se raya con facilidad, mayor costo.
- Titanio: Reduce peso, resistente, elevado costo.
- Fibra de Carbono: Reduce más peso, estructuras flexibles



Sillas de ruedas: Partes

Ruedas



Tracción



Dirección



Sillas de ruedas: Partes

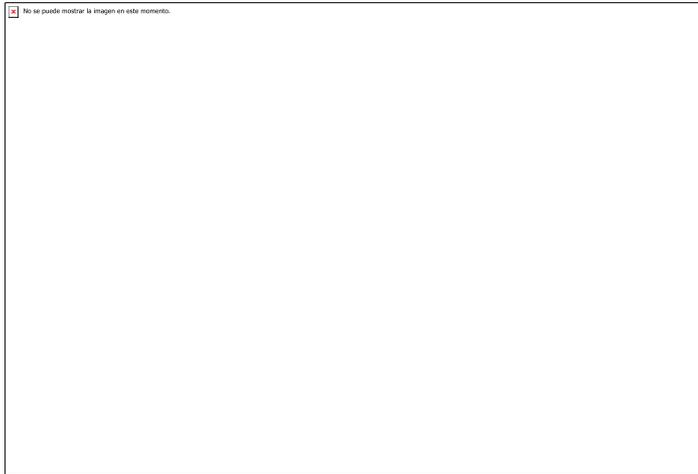
Ruedas

- Materiales del aro: acero, aluminio, titanio, plástico
- Tipo de cubierta: Neumático de aire (buena amortiguación, alto mantenimiento)
- Neumático macizo (No necesita mantenimiento, baja amortiguación)
- Neumático de inserto sólido (No necesita mantenimiento, amortiguación media)

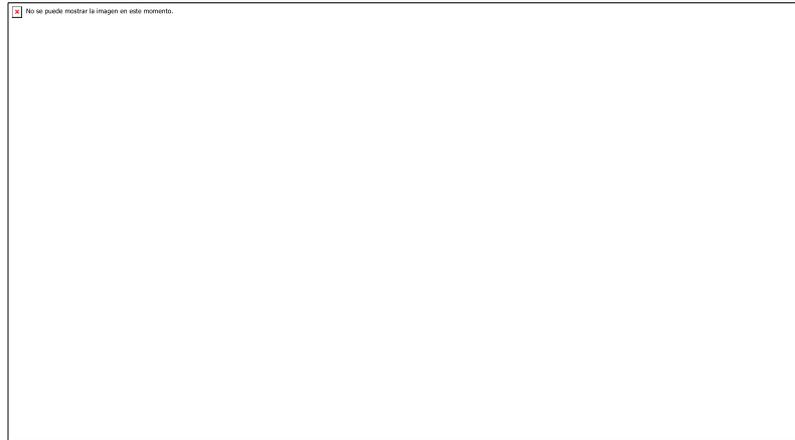


Sillas de ruedas: Partes

Baterías



Gel



AGM



Sillas de ruedas: Partes

Baterías de Gel:

- Sellada para trabajos cíclicos de carga/descarga
- No necesitan mantenimiento
- Permiten ángulo de inclinación hasta 180 grados en su instalación

Baterías AGM:

- Suministran corrientes elevadas en períodos cortos
- Menor capacidad de ciclos de carga/descarga
- Necesitan mantenimiento



Sillas de ruedas: Partes

Motores



Motor DC



Servomotor



Sillas de ruedas: Partes

Sistemas de control

Joystick



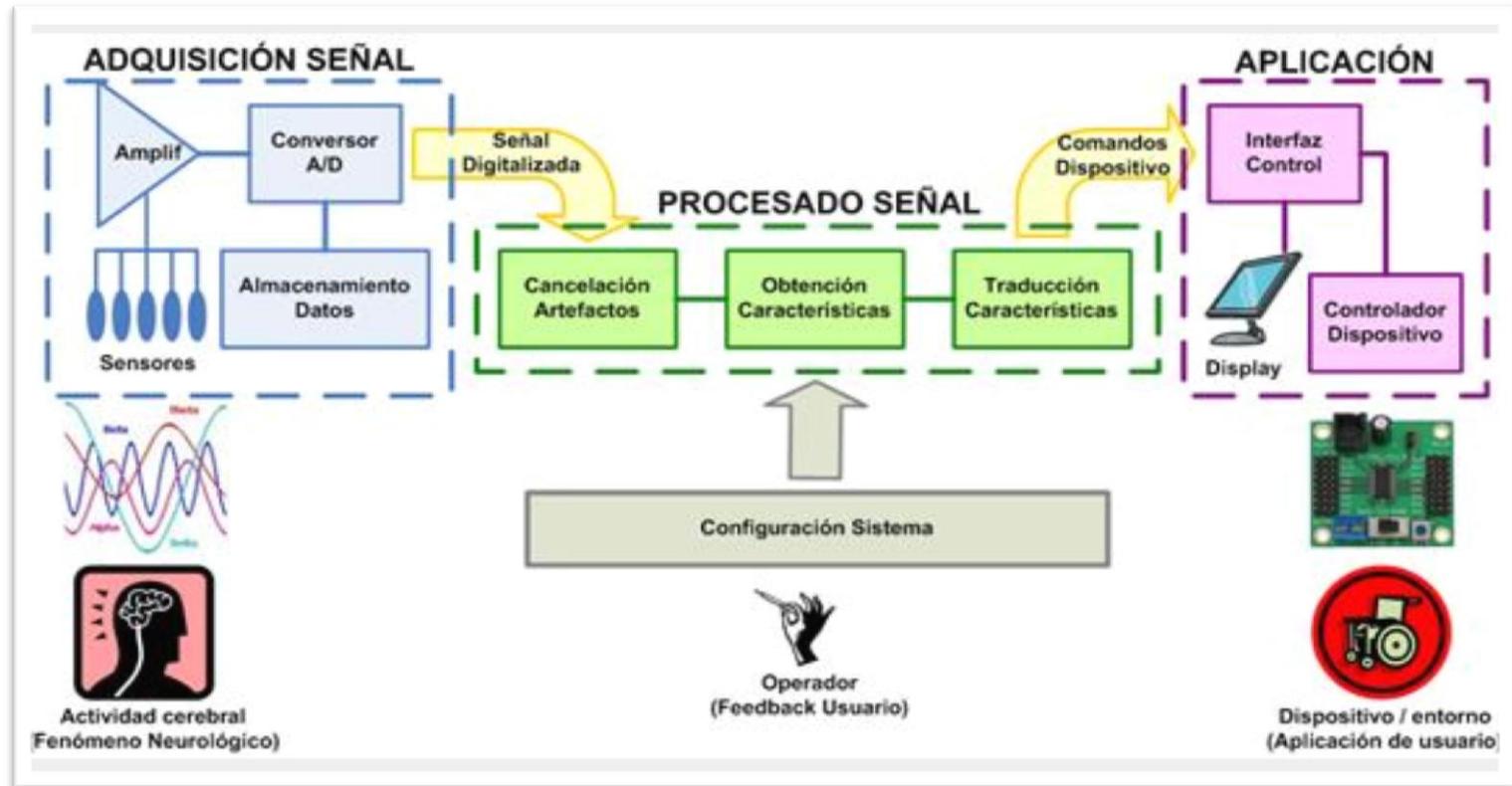
Reconocedor de voz

GPS

BCI



INTERFAZ CEREBRO COMPUTADOR (BCI)



BCI

Adquisición:

- **EEG (Electroencefalografía):** Visualización de la actividad eléctrica del cerebro, mediante electrodos colocados sobre el cuero cabelludo, en la base del cráneo o en el cerebro.



- Estos dispositivos tienen una menor resolución, debido a que el cráneo debilita las señales generadas en el interior.



Ubicación de electrodos según el Sistema 10 – 20

- Designa 21 electrodos en la superficie del cuero cabelludo.
- Las distancias entre electrodos adyacentes son 10% o 20% de la distancia total del cráneo de adelante hacia atrás o de la derecha a la izquierda.
- Los electrodos con números impares designan el hemisferio izquierdo, y con pares el hemisferio derecho.
- Los números van aumentando cuando se mueve desde el centro hacia afuera.
- La línea intercerebral se identifica con la letra z.



BCI

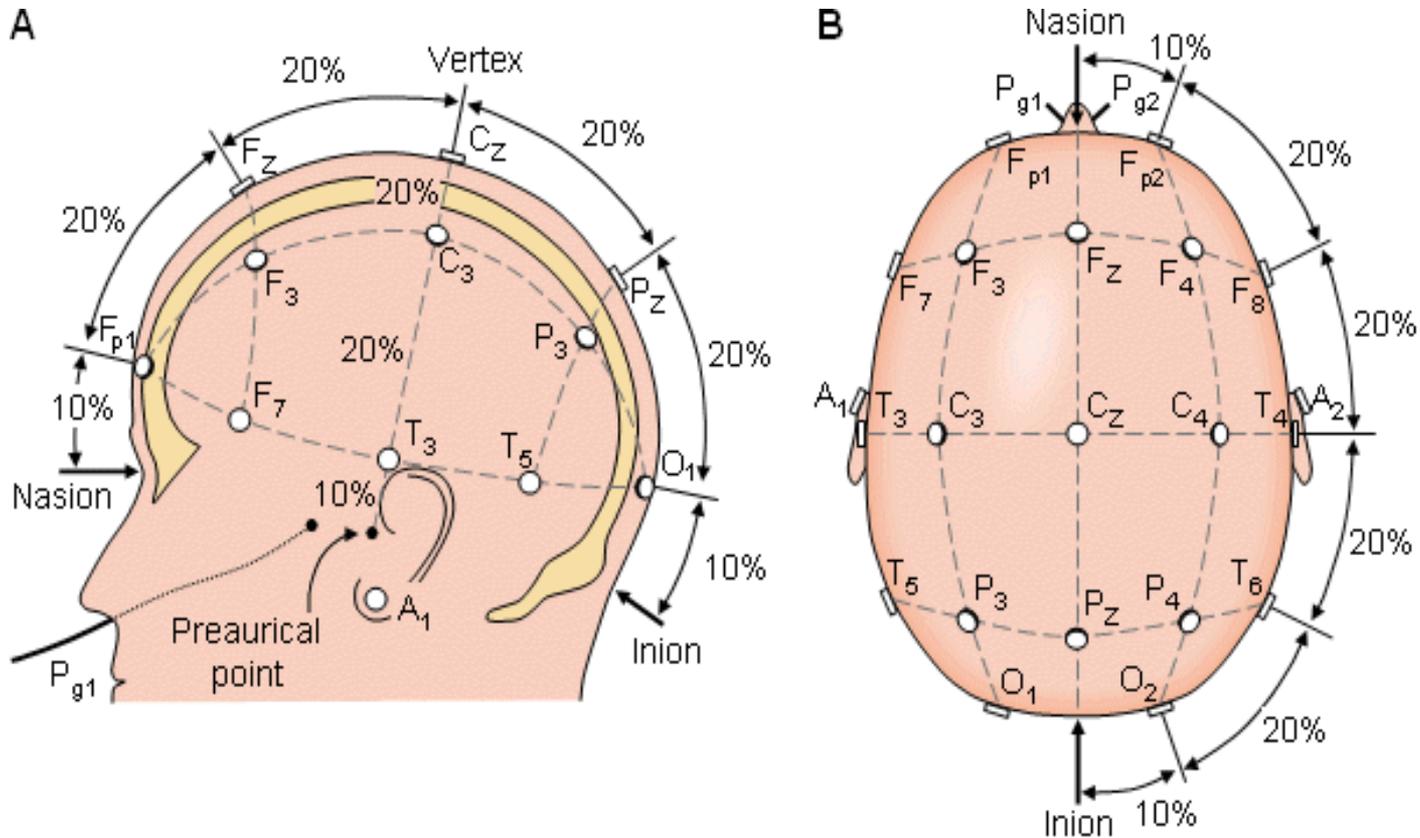
Ubicación de electrodos según el Sistema 10 – 20

- Las letras se relacionan con los lóbulos: Fp (pre frontal), F (frontal), C (central), T (temporal), P (parietal), O (occipital), A (auricular) y Pg (faríngeo nasal).
- Se utilizan dos puntos de referencia anatómicos: el nasion (Nz), que es el área deprimida entre los ojos, está por encima del puente de la nariz; y el inion (Iz), que es el punto más bajo del cráneo desde la parte posterior de la cabeza, donde existe una protuberancia prominente.



BCI

Ubicación de electrodos según el Sistema 10 – 20



BCI

Señales captadas por el EEG

- **Ondas Delta:** Están asociadas con niños de corta edad, etapas de sueño profundo sin soñar inconsciencia o tumores cerebrales (0.1 a 3.5 Hz).
- **Ondas Theta:** Presente en niños entre 5 y 7 años. En adultos y adolescentes se asocia a emociones, pensamientos creativos, estrés o desordenes psíquicos (3.5 a 7.5 Hz).
- **Ondas Alpha:** Aparecen en períodos de relajación, en somnolencia y sueño (7.5 a 13 Hz).
- **Ondas Beta:** Aparecen en estados de conciencia, procesos cognitivos y estados de alerta (13 a 30 Hz).
- **Artefactos:** Señales de procedencia endógena y exógena.



CAPÍTULO II

DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS



1822
ECUADOR

ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Parámetros de diseño

- Carga máxima de la persona: 300 libras (136 Kilogramos)
- Dimensiones aproximadas de la silla: 60 x 80 x 90 cm
- Actuadores: eléctricos/electrónicos
- Velocidad de desplazamiento: 1 – 5 Km/h
- Autonomía: 10 Km
- Factor de diseño: $N=4$



Selección del modelo

Silla de ruedas para interior/exterior de armazón rígido.



Soporte para el asiento

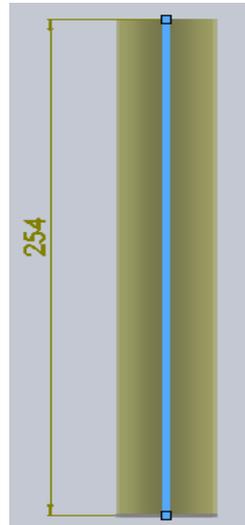
Necesidades: Viga vertical redonda para facilitar ensamble con el asiento, y de diámetro interior mínimo 40 mm.

Peso máximo de la persona = 300 lbs

Peso del asiento = 80 lbs

Peso total = 380 lbs

- Selección: Tubo redondo de acero ASTM A500 grado A, de 44.45 mm de diámetro exterior, 2 mm de espesor y 254 mm de longitud.



Vigas horizontales

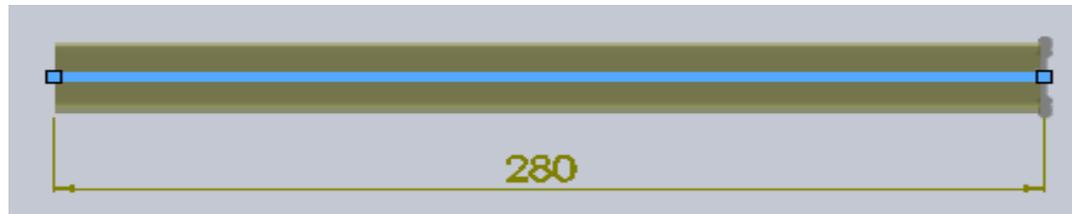
- **Necesidades:**

Peso máximo del usuario = 300 lbs

Peso del asiento = 80 lbs

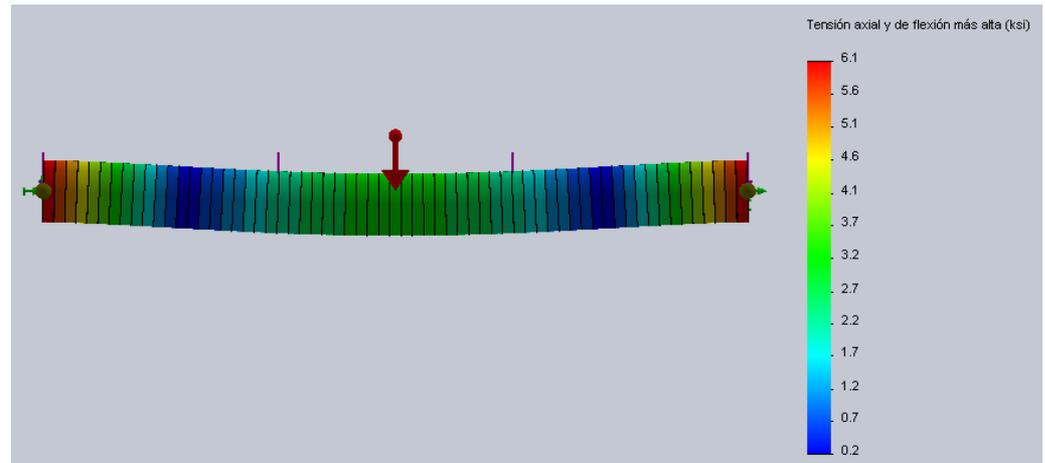
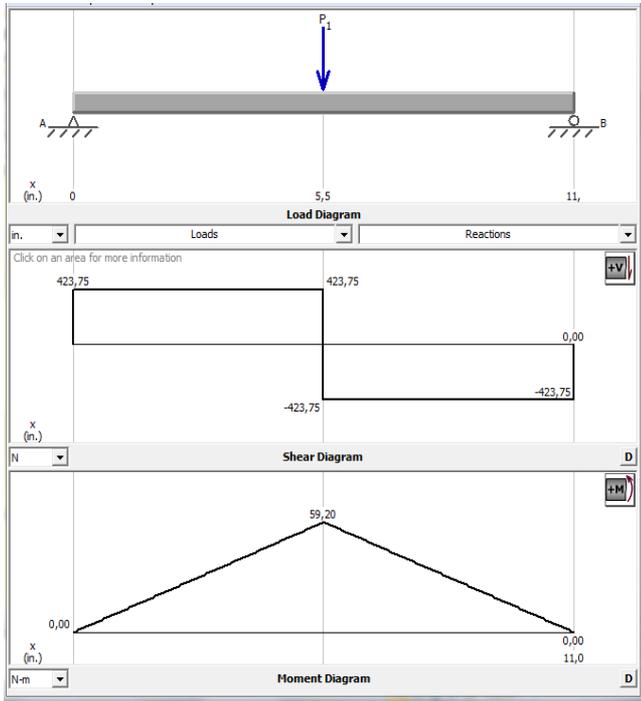
Peso total = 380 lbs = 173 [kg]

Selección: tubo cuadrado de acero ASTM A500 grado A de 25 [mm] de lado, 1.5 [mm] de espesor y 280 [mm] de longitud.



Vigas horizontales

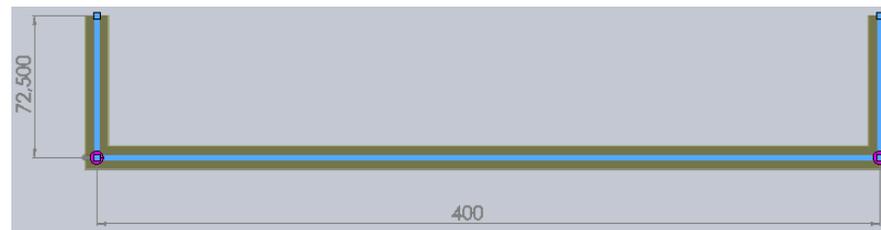
Factor de diseño = 4.02



Soporte de los motores

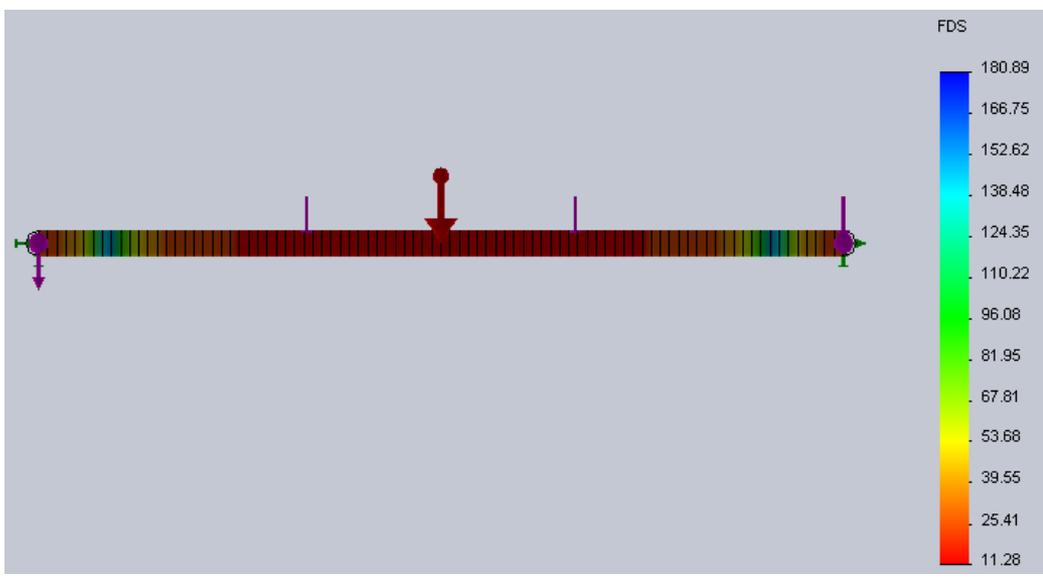
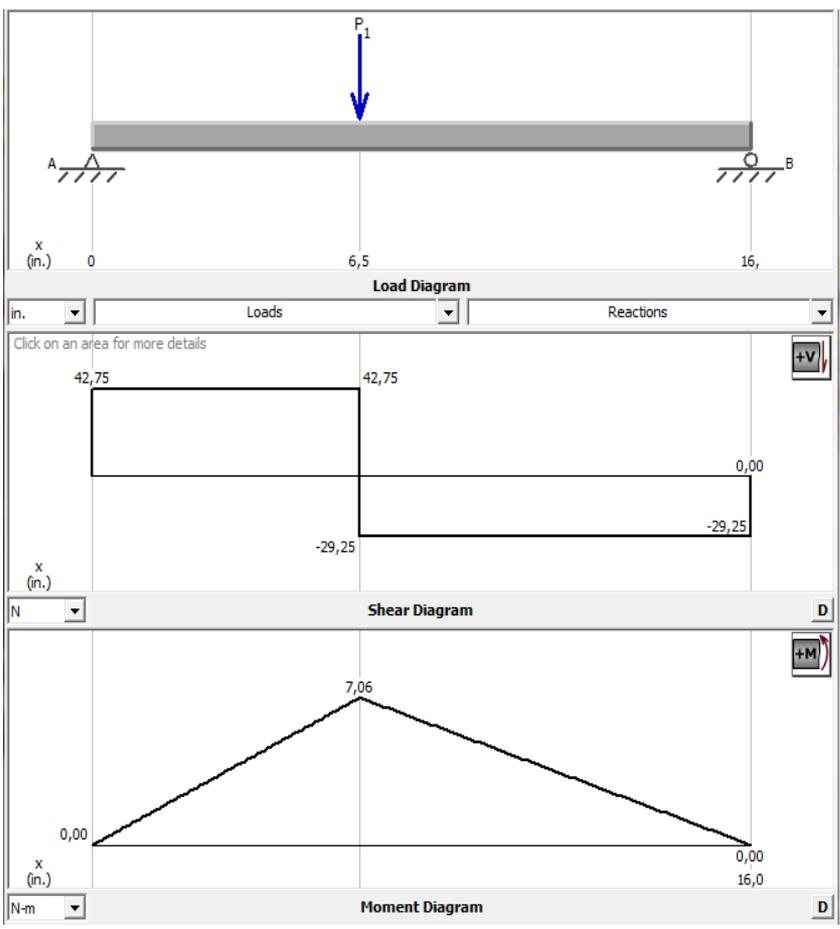
Necesidad: Soportar la siguiente carga:
Carga del motor y la llanta (m) =
16 [lbs]

Selección: tubo cuadrado de 12.7 [mm]
de lado, 0.75 [mm] de espesor.



Soporte de los motores

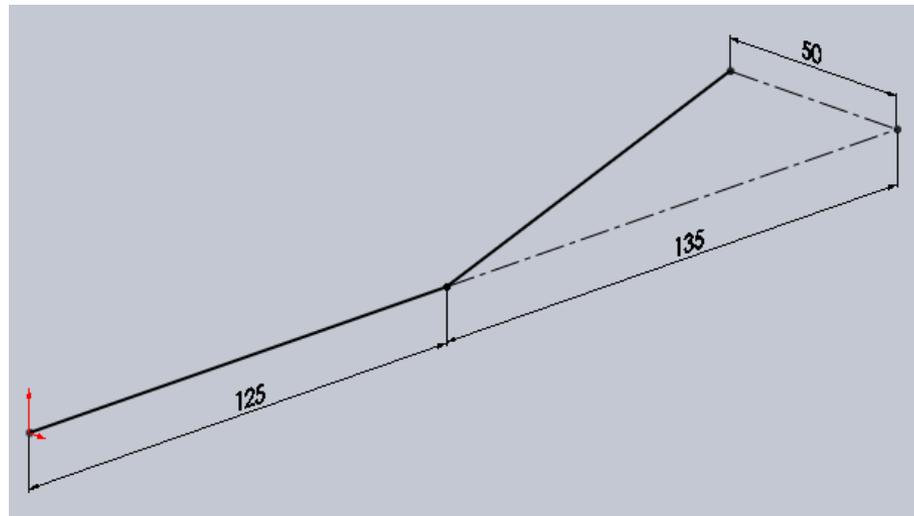
$$N = \frac{S_y}{\sigma'}$$
$$N = 4.5$$



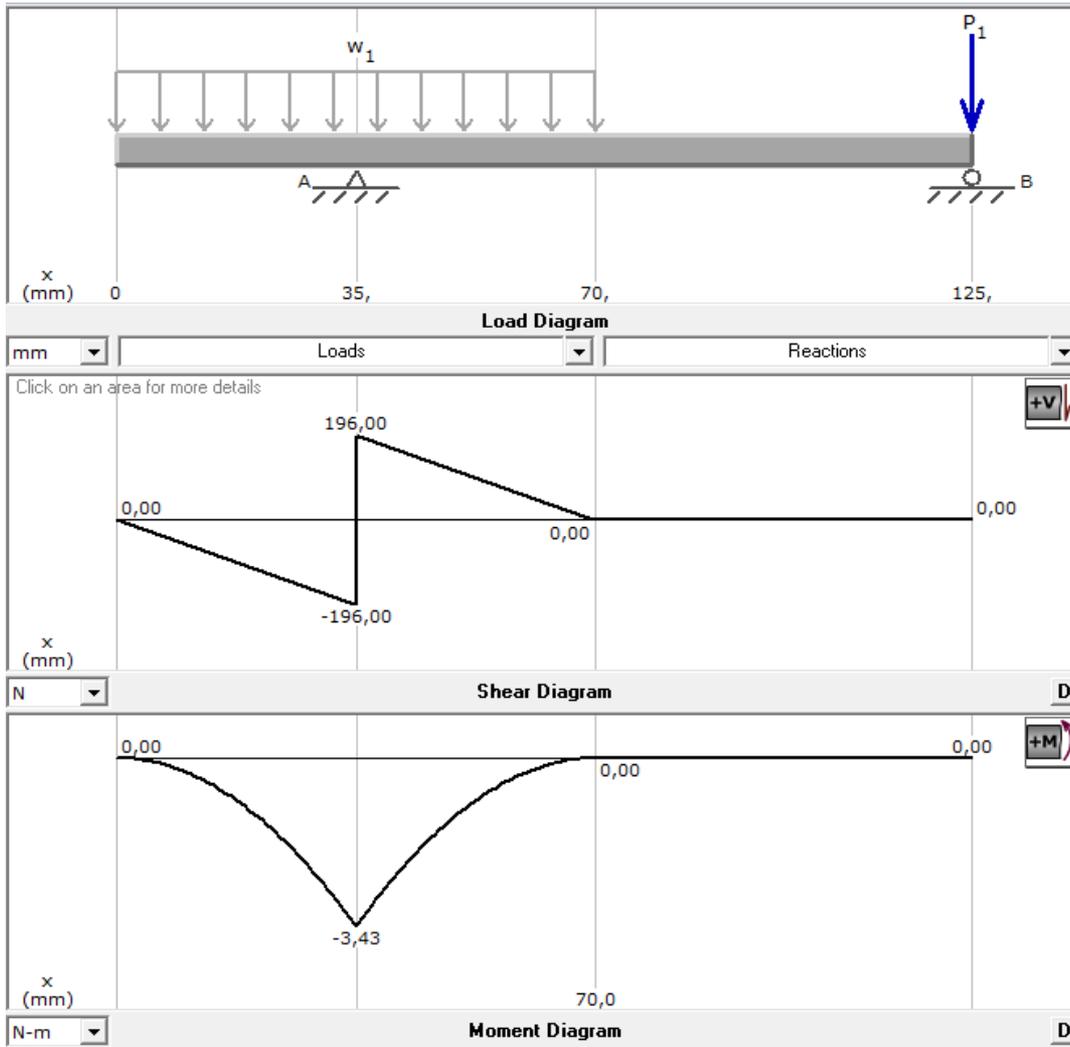
Soporte para las ruedas delanteras

Necesidad: Soportar un torque de $2.83 [Nm]$ y una carga distribuida de $5.6 [N/mm]$

Selección: Tubo cuadrado de acero de $12.7 [mm]$ de lado y $0.75 [mm]$ de espesor.



Soporte para las ruedas delanteras



$$N = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$N = \frac{235.36 [MPa]}{57.23 [MPa]}$$

$$N = 4.11$$



Viga del reposapiés

Necesidad: Soportar el peso del reposapiés y el peso de la persona
 $W = 352.8 [N]$

Selección: Tubo cuadrado de acero ASTM A500 grado A de 25 [mm] de lado, 1.5 [mm] de espesor y 90 [mm] de longitud.



Rueda de tracción

Función: Dar soporte a la máquina y transmitir la potencia directa de los motores

Selección: Dos ruedas PR1MO Durot sillas de interior/ exterior

Características:

- Dimensiones : 260 x 85 mm
- Carga máxima por llanta: 200kg.
- Cubierta de espuma.
- no requieren mantenimiento
- Brindan amortiguación en terrenos irregulares.
- Cuñero para ensamble directo al motor



Ruedas direccionales

Función: Soportar el peso de la máquina y dar estabilidad.

Selección: Cuatro ruedas. Dos para adelante y dos para atrás.

Características:

- Dimensiones: 152 x 50 mm.
- Ruedas macizas de poliuretano
- No requieren mantenimiento
- Eje con rodamiento central.



Motores

Función: Desplazar un peso máximo de 220 Kg a 4 Km/h.

$$P_m = F_m * v$$

Dónde:

P_m = Potencia para mover la silla de ruedas

F_m = Fuerza para mover la silla de ruedas

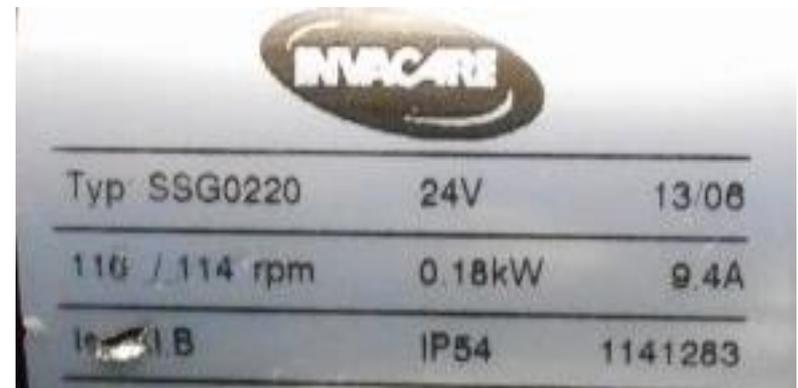
v = Velocidad de la silla de rueda

$$P_m = 346.08 \text{ [Watts]}$$



Motores

Selección: Dos motores DC de 180 Watts cada uno, utilizados por la empresa INVACARE de sillas de ruedas.



CAPÍTULO III

DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS/ELECTRÓNICOS E INFORMÁTICOS



PARÁMETROS DE DISEÑO

- Desplazamiento: controlado por ondas cerebrales.
- Detección de obstáculos en el recorrido.
- Indicadores de desplazamiento de la silla de ruedas en software.
- Autonomía: 10 Km.
- Actuadores: eléctricos/electrónicos.



Sensor de ondas cerebrales

Función: Captar, procesar y enviar las señales cerebrales a la PC.

Selección: EMOTIV EPOC HEADSET
Model 10



Sensor de ondas cerebrales

Características:

- 14 electrodos para señal (canales EEG) y 2 electrodos de referencia.
- Ubicación según el sistema 10 – 20 para posicionar electrodos en EEG.
- Velocidad de muestreo: 128 Hz.
- Conectividad: Inalámbrica
- Alimentación: Batería Li Po recargable.
- Duración de la batería: 12 horas
- Giroscopio incorporado



Sensor de ondas cerebrales

Elementos disponibles:

- Un casco portable
- Una caja de hidratación para los electrodos
- Un receptor USB inalámbrico
- Solución salina
- Un adaptador para recarga
- Software de instalación



Software del sensor de ondas cerebrales

Descripción del EPOC Control Panel

The screenshot displays the EPOC Control Panel software interface. At the top, there is a menu bar with 'Application', 'Connect', and 'Help'. The main area is divided into several sections:

- ENGINE STATUS:** Shows 'EmoComposer connected', 'SYSTEM UP TIME: 0', 'WIRELESS SIGNAL: Good' (indicated by four green dots), and 'BATTERY POWER: High' (indicated by four green dots).
- USER STATUS:** Includes a 'HEADSET' dropdown menu set to '0', a 'USER' dropdown menu set to '<temporary user 0>', and three buttons: 'ADD USER', 'REMOVE USER', and 'SAVE USER'.
- SDK 2.0.0.20-LITE:** Represented by a gear icon with a stylized 'e' inside.
- HEADSET SETUP GUIDE:** A large diagram of a headset with 14 green sensor dots. To its right, a text box provides instructions for 'STEP 5' and 'STEP 6'.
 - STEP 5:** Explains the color code for sensor contact quality: Black (No signal), Red (Very poor signal), Orange (Poor signal), Yellow (Fair signal), and Green (Good signal).
 - STEP 6:** Provides instructions for adjusting sensors and checking the felt pad fit.



Software del sensor de ondas cerebrales

EXPRESIVE SUITE

Application Connect Help



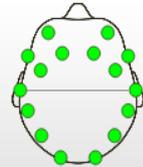
SDK
2.0.0.20-LITE

ENGINE STATUS

SYSTEM STATUS : EmoComposer connected
SYSTEM UP TIME : 0
WIRELESS SIGNAL : Good ●●●●●
BATTERY POWER : High ●●●●●

USER STATUS

HEADSET : 0 USER : <temporary user 0>



HEADSET SETUP EXPRESSIV SUITE AFFECTIV SUITE COGNITIV SUITE

STATUS: OK

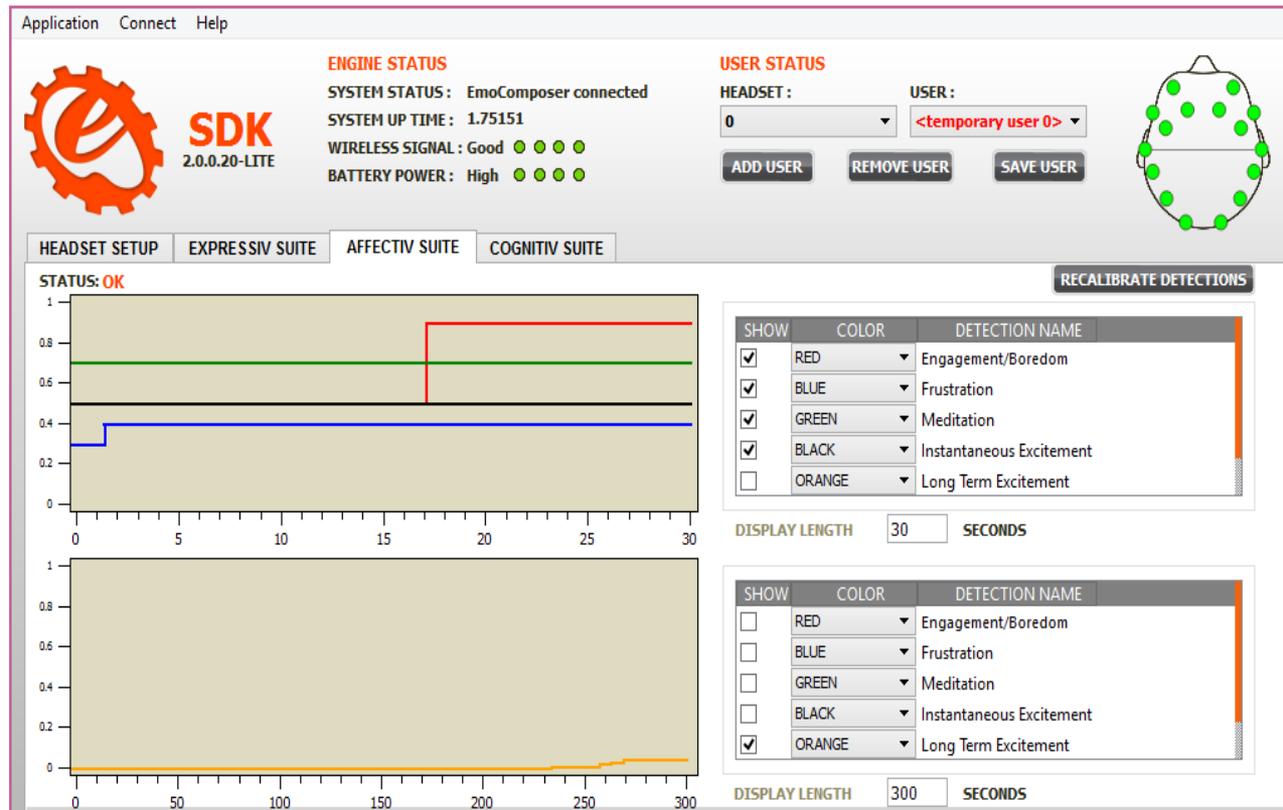


Sensitivity	Training
BLINK	<input type="range"/>
RIGHT WINK	<input type="range"/>
LEFT WINK	<input type="range"/>
LOOK RIGHT/LEFT	<input type="range"/>
RAISE BROW	<input type="range"/>
FURROW BROW	<input type="range"/>
SMILE	<input type="range"/>
CLENCH	<input type="range"/>
RIGHT SMIRK	<input type="range"/>
LEFT SMIRK	<input type="range"/>
LAUGH	<input type="range"/>



Software del sensor de ondas cerebrales

AFFECTIVE SUITE



Software del sensor de ondas cerebrales

COGNITIVE SUITE

Application Connect Help



ENGINE STATUS
SYSTEM STATUS: EmoComposer connected
SYSTEM UP TIME: 1.75151
WIRELESS SIGNAL: Good ●●●●
BATTERY POWER: High ●●●●

USER STATUS
HEADSET: 0 USER: <temporary user 0>
ADD USER REMOVE USER SAVE USER



HEADSET SETUP EXPRESSIV SUITE AFFECTIV SUITE **COGNITIV SUITE**

Power



Action Training Advanced Settings Challenge

ACTION CONTROL
CURRENT ACTION: Neutral
DETECTION STATUS: Deactivated: Neutral training required
DIFFICULTY LEVEL: Easy
OVERALL SKILL RATING: 80%

Trained?	Action	Skill Rating
✗	Push	80%

+ ADD REMOVE EDIT

To begin the Cognitiv experience, switch to the Training tab and start training on Neutral first.



Software del sensor de ondas cerebrales

MOUSE EMULATOR

Application Tool EmoKey Help

ENGINE STATUS
SYSTEM STATUS: Emotiv Engine is ready
SYSTEM UP TIME: 34.6939
WIRELESS SIGNAL: Good
BATTERY POWER: High

USER STATUS
HEADSET: 0
USER: damilas10
ADD USER REMOVE USER SAVE USER

epoc control panel

HEADSET SETUP EXPRESSIV SUITE AFFECTIV SUITE COGNITIV SUITE **MOUSE EMULATOR**

180
90 270
0

PRESS CTRL+ SHIFT + M TO ACTIVATE/DEACTIVATE
PRESS CTRL+ SHIFT + C TO RESET

ACTIVATE RESET

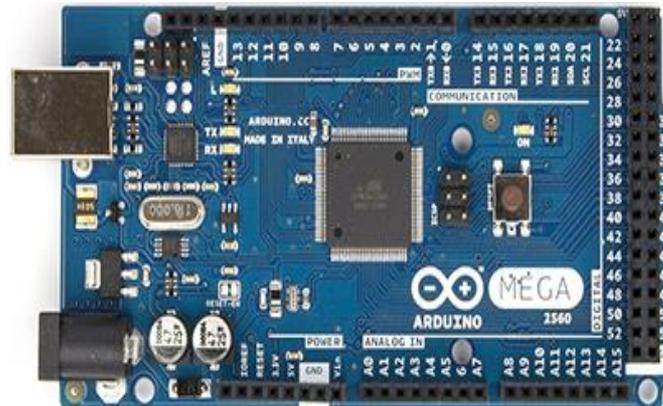


Microcontrolador

Función:

- Comunicación serial con LabView USB
- Entradas analógicas para medir el nivel de carga de las baterías
- Salida PWM al driver de los motores

Selección: Arduino MEGA 2560 R3



Microcontrolador

Características:

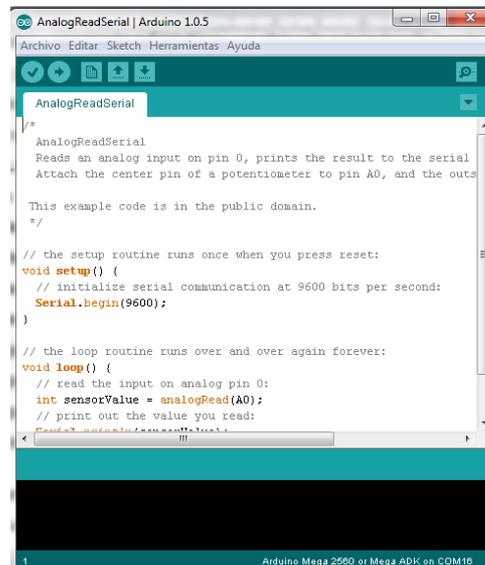
- Activado mediante USB o fuente de poder externa.
- Operación de voltaje: 5 Voltios
- Voltaje de entrada (recomendado): 7 – 12 Voltios
- Voltaje de entrada (límites): 6 – 20 Voltios
- Pines digitales de entrada/salida: 54
- 40 mA por pin.
- 15 pines PWM de 8 bits
- Entradas analógicas de 10 bits, de 0 a 5 Voltios por default.
- # de puertos seriales: 4 UARTs
- Velocidad de reloj: 16 MHz



Software de Arduino

Arduino IDE

- Permite programar el microcontrolador
- Posee ejemplos de aplicación
- Permite la adición de librerías para sensores específicos
- Brinda soporte de comunicación con Labview



```
AnalogReadSerial | Arduino 1.0.5
Archivo  Editor  Sketch  Herramientas  Ayuda

AnalogReadSerial
/*
 * AnalogReadSerial
 * Reads an analog input on pin 0, prints the result to the serial
 * Attach the center pin of a potentiometer to pin A0, and the outside
 * pins to ground and +5V.
 *
 * This example code is in the public domain.
 */

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize serial communication at 9600 bits per second:
  Serial.begin(9600);
}

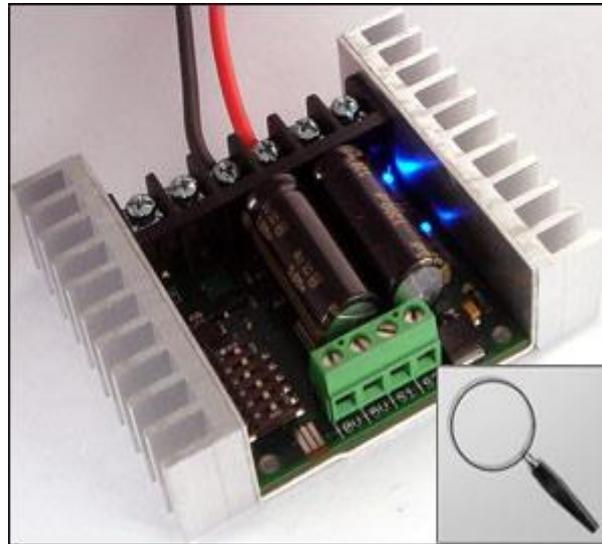
// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  // read the input on analog pin 0:
  int sensorValue = analogRead(A0);
  // print out the value you read:
  Serial.println(sensorValue);
  delay(1000);
}
```



Driver para los motores

Función: Convertir las señales de control de Arduino, en señales de potencia, para accionar los motores de la silla.

Selección: Driver SABERTOOTH 2X25 DIP



Driver para los motores

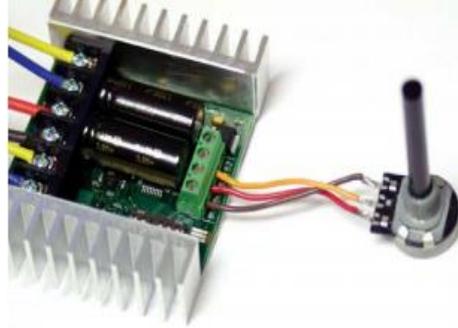
Características:

- Corriente continua de 25 A por canal.
- Voltaje nominal de 6 a 30 V
- Operación silenciosa
- Entrada para control: Voltaje análogo, Radio/Control, serial simplificado y paquetizado serial.
- Protección térmica y contra sobrecorrientes.
- Modos de operación: independiente y velocidad + dirección.
- Los distintos modos de operación pueden ser seteados mediante DIP switches.
- Es un dispositivo regenerativo

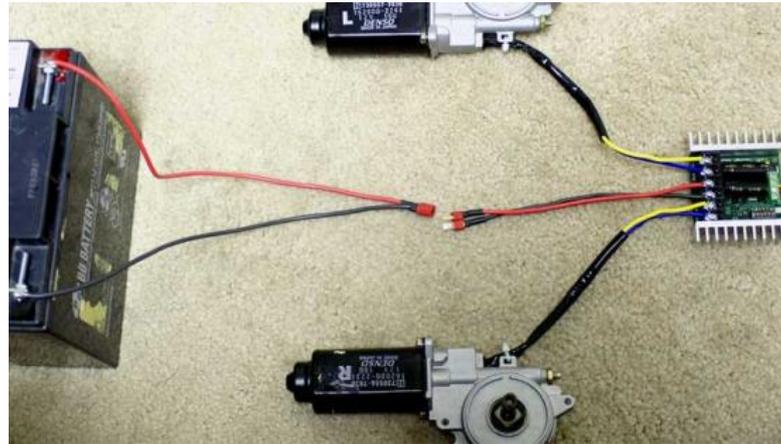


Driver para los motores

Circuito de control



Circuito de potencia



Baterías

Autonomía de 10 Km y a una velocidad de 4 km/h, el tiempo de recorrido es:

$$t = 2.75 \text{ horas}$$

Cálculo de corriente en motores:

$$P = I * V$$

$$P = 227.53 \text{ W}$$

$$I = 9.48 \text{ A}$$

Cálculo de la capacidad de baterías:

$$A - h = I * t$$

$$A - h = 26.07 \text{ [Amperios - hora]}$$



Baterías

Selección: Dos baterías de PLOMO ÁCIDO de gel de 33 A-h y 12 V, valor estandarizado que se adapta a los requerimientos de este proyecto.



Indicador de nivel de carga de baterías

BATERÍAS DE PLOMO ÁCIDO	
Nivel de carga (%)	Voltaje (V)
99	25.82
50	24.12
10	22.84



Indicador de nivel de carga de baterías

Divisor de voltaje con resistencias de 10 K y 1 K.

$$V_R = \frac{R}{R1 + R} * V_{in}$$

Dónde:

V_R = Voltaje en cada resistencia

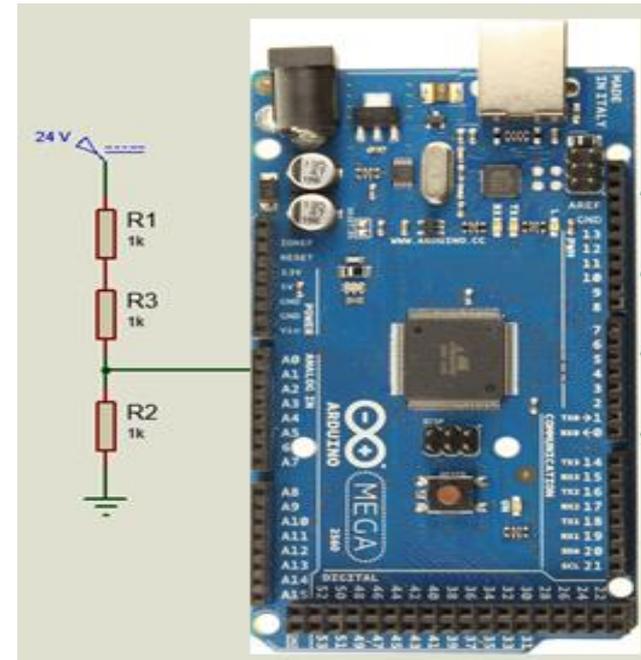
R = Resistencia eléctrica

V_{in} = Voltaje de las baterías

Para 99 %: $V_R = 2.34 V$

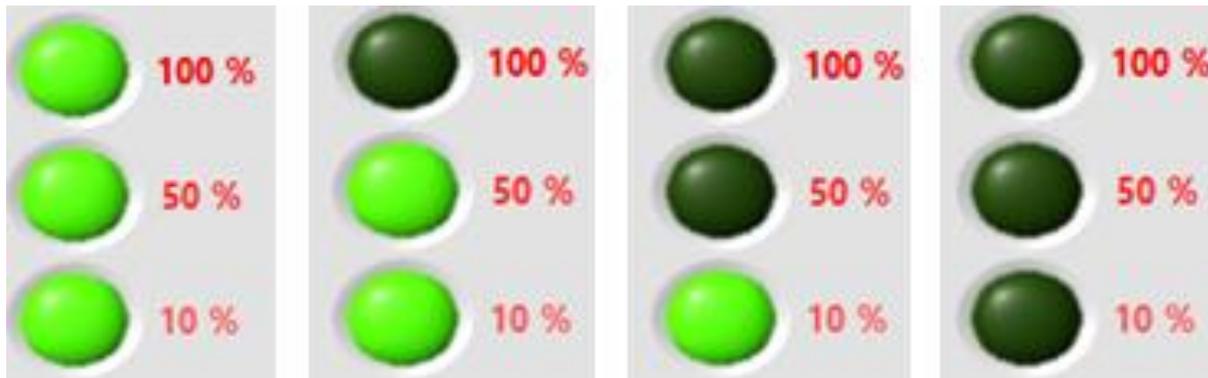
Para 50 %: $V_R = 2.19 V$

Para 10 %: $V_R = 2.07 V$



Indicador de nivel de carga de baterías

Se establece un indicador digital en el panel frontal de Labview: tres leds encendidos indica 99 % de carga, dos encendidos indica 50 % de carga, un led encendido indica 10 % de carga y todos apagados indica falta de alimentación o baterías descargadas.



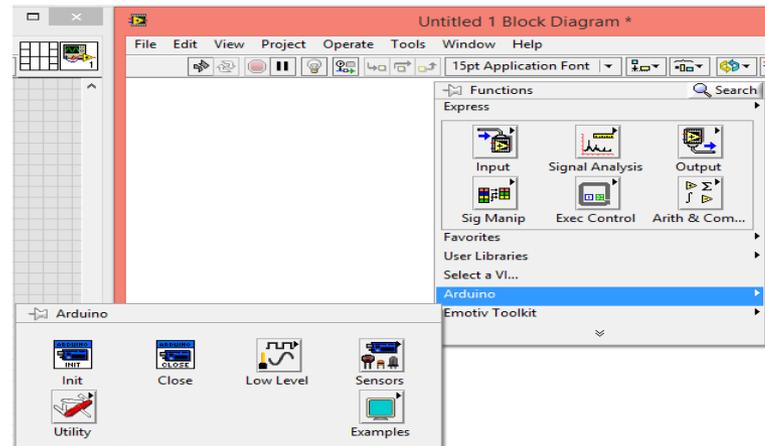
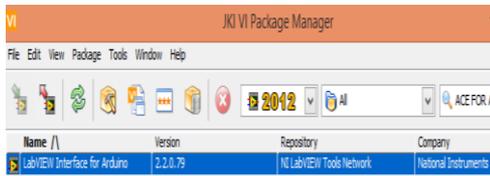
Software de control

Función:

- Comunicación el software EMOTIV EPOC Control Panel.
- Programación para el control control de la silla de ruedas
- Acceso y proceso a las señales de los sensores, mediante comunicación serial con ARDUINO
- Visualización de indicadores de desplazamiento de la silla de ruedas.

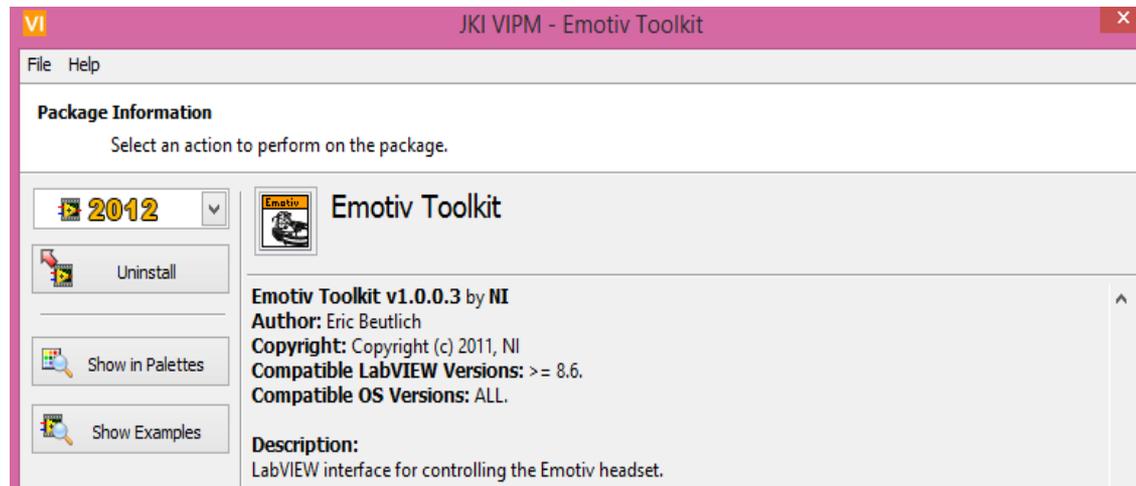
Se selecciona Labview para las funciones designadas.

LIFA

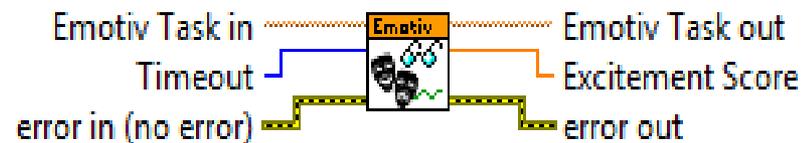


Software de control: Labview

EMOTIV TOOLKIT



Emotiv Read [Emotiv Read.vi]



CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS



Pruebas del Emotiv Epoc Headset.

- Prueba de la señal inalámbrica del sensor.

Distancia del sensor al receptor (metros)	Nivel de la señal inalámbrica
1	Bueno
3	Bueno
5	Bueno
7	Sin señal



Pruebas del Emotiv Epoc Headset.

- Prueba del Modo Expresivo

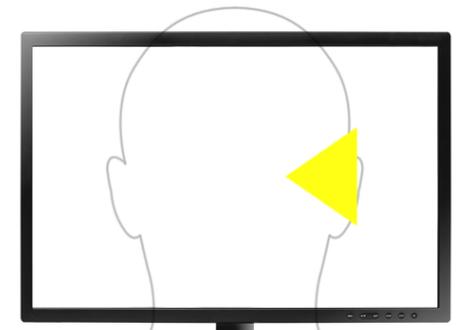
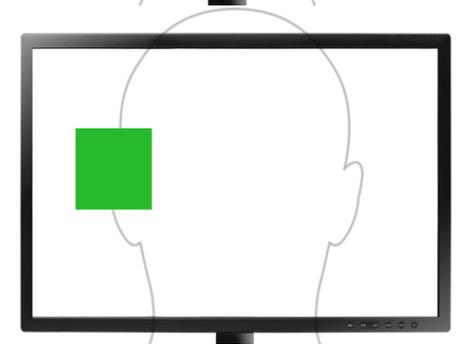
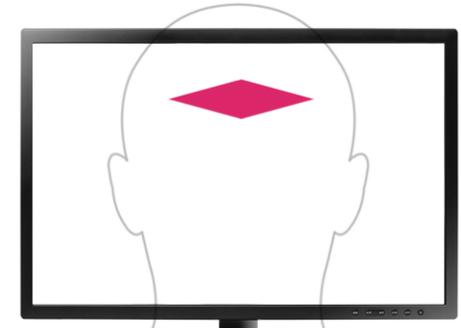
Distancia del sensor al receptor (metros)		Nivel de la señal inalámbrica
Acción	Sensibilidad	Resultado
Mirar a la izquierda / derecha	Media	Acción detectada
Parpadeo	Media	Acción detectada
Guiñar ojo izquierdo	Media	Acción detectada
Guiñar ojo derecho	Media	Acción detectada
Elevar las cejas	Media	Acción detectada
Sonreír	Media	Acción detectada



Pruebas del Emotiv Epoc Headset.

- Prueba del Modo Cognitivo

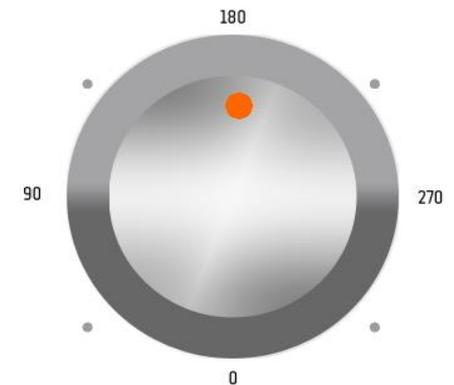
Acción entrenada	# de intentos	Resultados individuales	Resultados en conjunto
Neutral	100	Acción detectada	Acción detectada
Lift / Arriba	100	Acción detectada	Acción no detectada
Left / Izquierda	100	Acción detectada	Acción no detectada
Right / Derecha	100	Acción detectada	Acción no detectada



Pruebas del Emotiv Epoc Headset.

- Prueba del Mouse Emulador (Giroscopio):

Movimiento de la cabeza	Resultados
Hacia arriba	Acción detectada
Hacia abajo	Acción detectada
Hacia la izquierda	Acción detectada
Hacia la derecha	Acción detectada
Rotacional	Acción detectada



ALCANCES

Se pudo diseñar y construir el sistema mecatrónico.

Se realizó la adquisición en Labview y Openvibe de las señales cerebrales detectadas por el sensor Mindwave de Neurosky.

Se pudo controlar la silla de ruedas únicamente con las señales captadas en el cuero cabelludo por el sensor Emotiv EPOC, no se necesitó otro accesorio o sistema para realizar dicha tarea.

Se pudo accionar la silla de ruedas hacia adelante, mediante ondas cerebrales y hacia las demás direcciones mediante gesticulaciones y movimientos oculares.

Se pudo controlar totalmente la silla de ruedas mediante gesticulaciones correspondientes a parpadeos y movimientos oculares.



ALCANCES

Se pudo controlar totalmente la silla de ruedas con movimientos de la cabeza, gracias al giroscopio del sensor Emotiv Epoc.

Se pudieron implementar sensores ultrasónicos para detener la silla de ruedas ante la presencia de obstáculos.

Se logró la comunicación entre el software Labview, Emotiv Control Panel y Arduino IDE.



LIMITACIONES

No se pudo controlar totalmente la silla de ruedas mediante ondas cerebrales. Se adquirieron dos sensores de ondas cerebrales (Mindwave y Emotiv Eporc), pero no se logró aquel objetivo.

Por cuestiones de presupuesto no se pudo acceder a sensores de ondas cerebrales más sofisticados, o a su vez adquirir licencias que permitan acceder y manipular las señales cerebrales captadas por el sensor utilizado Emotiv Eporc.

Fue necesaria la utilización de una PC portátil como interfaz de usuario, lo cual reduce la robustez del dispositivo ante diversas situaciones climáticas o aspectos de seguridad del usuario.

La investigación con relación a ondas cerebrales no se ha extendido debido a su complejidad, por lo que no existe suficiente información acerca de estas señales y dispositivos que puedan obtener mediciones fiables.



LIMITACIONES

Los sensores de actividad cerebral no se comercializan en el país, por lo que no se pueden realizar pruebas o conocerlos físicamente antes de comprarlos. Además la adquisición del producto elegido demora muchos días.

Es necesaria la supervisión y presencia constante de un ayudante, mientras el usuario con limitación pléjica acciona la máquina.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Conclusiones

La silla de ruedas puede ser accionada en una sola dirección mediante ondas cerebrales (modo cognitivo). Existen limitaciones en cuanto al control total de la silla de ruedas mediante pensamientos.

Se puede controlar la silla de ruedas sin dificultad mediante las señales provenientes de gesticulaciones faciales y movimientos oculares (parpadeo, mirar a izquierda, mirar a derecha y levantamiento de cejas).

Las ondas provenientes de parpadeos, movimientos oculares y movimientos de los electrodos tienen un patrón definido, se distinguen fácilmente y son de mayor amplitud que las ondas generadas por los pensamientos y actividades puramente mentales (atención, relajación, meditación, etc.).

El sensor de actividad cerebral no detecta pensamientos de manera inmediata, el mismo está diseñado para seleccionar los movimientos deseados a través del software, asociar un pensamiento específico para cada movimiento y registrar dicho pensamiento mediante un entrenamiento de 8 segundos que puede ser repetido varias veces.



Conclusiones

La silla de ruedas se puede controlar fácilmente mediante los movimientos de cabeza hacia arriba, abajo, derecha e izquierda, detectados por el giroscopio incorporado al sensor de actividad cerebral.

El análisis estructural del chasis simulado mediante software, facilita su respectivo diseño y construcción.



Recomendaciones

Realizar una supervisión constante mientras el usuario con limitación pléjica utiliza la silla de ruedas.

Verificar en el software Emotiv Control Panel que todos los indicadores de contacto de los electrodos del sensor, se encuentren de color verde, para evitar problemas en la detección y adquisición de las señales cerebrales.

Realizar un análisis minucioso en la selección de cualquier tipo de elemento, para evitar gastos innecesarios.

No abusar del entrenamiento diario en el modo cognitivo, debido a que además de fatiga mental, puede provocar frustración en el usuario ante resultados no satisfactorios.

Evitar en lo posible fuentes de interferencia electromagnética, como redes Wi Fi, señales de radio, celular, etc., ya que estas pueden provocar efectos negativos en los dispositivos electrónicos de este proyecto.



Recomendaciones

No utilizar el interruptor de encendido/apagado de la silla de ruedas como dispositivo de frenado, salvo en caso de emergencias, ya que las constantes activaciones disminuyen el rendimiento de las baterías y provocan picos de corriente que pueden dañar los elementos electrónicos.

Antes de activar el desplazamiento de la silla de ruedas, comprobar que los indicadores digitales de Labview sean los adecuados.

Calibrar mecánicamente los frenos electromagnéticos de los motores DC, para que se comporten de manera similar.

Buscar la exactitud en las longitudes de las vigas que conforman estructuras simétricas, para obtener un ensamble de piezas adecuado.

Cargar la silla de ruedas sin el usuario a bordo de la misma, en un ambiente ventilado, lejos de materiales corrosivos e inflamables.

