



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA



CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO

TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO CON SISTEMA DE COMUNICACIÓN BRAILLE E INTERFAZ ANDROID PARA LA INTERCOMUNICACIÓN DE PERSONAS SORDOCIEGAS.

AUTOR:
CRISTHIAN MAURICIO GARZÓN JERÉZ

DIRECTOR:
ING. MARCO SINGAÑA



AGENDA

- Resumen
- Justificación e importancia
- Objetivos
- Capitulo I
 - Fundamentos Teóricos.
- Capitulo II
 - Análisis, diseño e Implementación
- Capitulo III
 - Pruebas y Resultados
- Capitulo IV
 - Conclusiones y Recomendaciones



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESUMEN

El trabajo propuesto permitirá aumentar el nivel de comunicación entre personas sordociegas y personas con las capacidades de comunicación completas. El sistema empieza con la creación de un dispositivo provisto de interruptores táctiles on-off los cuales permiten la recopilación de señales digitales para formar las diferentes letras braille, y micro vibradores que permiten que una letra del alfabeto se codifique al lenguaje braille.

Una vez recogido dicha información se la procesa en un controlador para posteriormente presentarlo en una interfaz gráfica basada en android como un chat. Facilitando así la comunicación con personas que desconocen del lenguaje de braille.



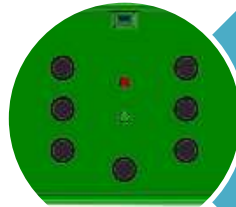
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

El desarrollo de este proyecto es importante para contribuir con personas de discapacidad visual y auditiva permitiéndoles interactuar con los demás. La comunicación es importante pues es una de las cualidades del hombre para socializar, transmitir ideas, pensamientos, conocimientos etc. Por este motivo se justifica el desarrollo de un sistema el cual permita la comunicación entre personas sordas ciegas con el resto de la población, de una manera fácil eficaz, pues muchas desconocen el lenguaje de braille causando dificultades al comunicarse.



OBJETIVOS

Diseñar e implementar dispositivo con sistema de comunicación braille e interfaz android para la intercomunicación de personas sordo ciegas.



Implementar un sistema de comunicación braille digital de entradas y salidas on off para determinar las diferentes letras del alfabeto latino y braille.



Diseñar e implementar la interfaz android amigable para la intercomunicación de personas sordociegas y sin deficiencias.



Ejecutar pruebas para verificar el correcto funcionamiento del diseño integral.



CAPITULO I

Fundamentos Teóricos



Sordoceguera

Sordoceguera



La sordoceguera es una discapacidad única generada por la combinación de la falta de la visión y audición, ya que una persona con cualquier otra discapacidad diferente a la sordoceguera puede utilizar la visión o audición, o ambas.

Grupos de personas sordociegas

- Sordoceguera congénita
- Sordos congénitos
- Ciegos congénitos
- Sordos tardíos



Sistemas de comunicación para sordociegos

❑ Sistema dactilológico o alfabeto manual

Visual o en el aire



Táctil o en palma



Visual-táctil



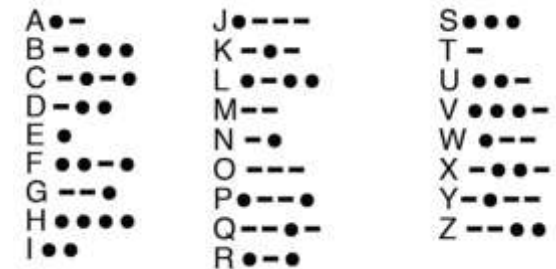
❑ Escritura en letras mayúsculas



❑ Dedo como lápiz

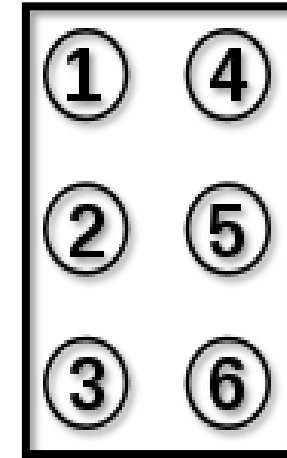
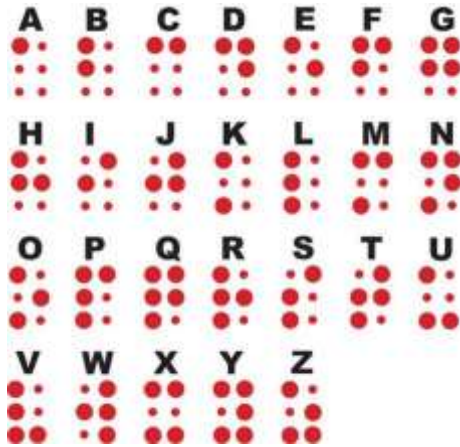


❑ Morse

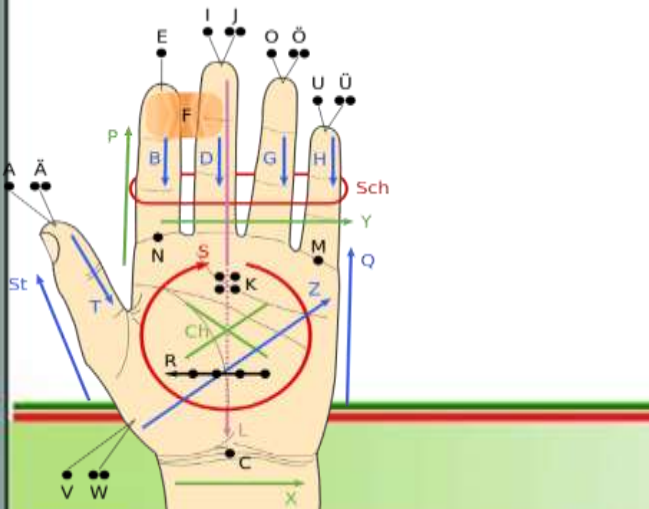


Sistemas de comunicación para sordociegos

☐ Braille manual



☐ Alfabeto Lorm



☐ Malossi

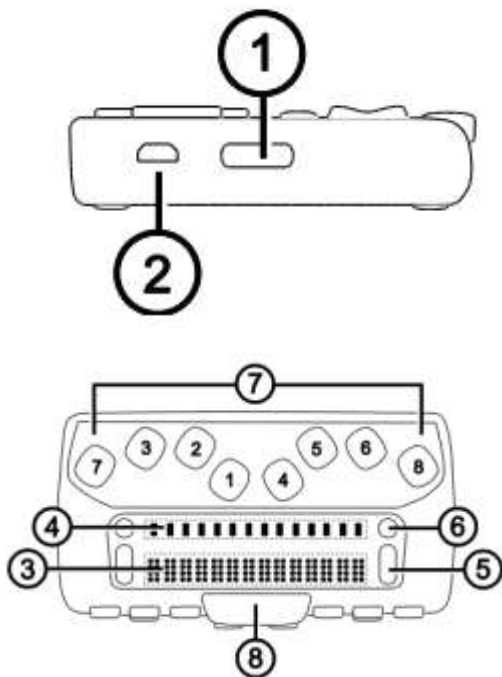


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Partes y componentes del dispositivo braille

Dispositivos braille (electrónico) a cualquier aparato electrónico que sirva para la interpretación o generación de lenguaje braille, tanto de forma física (hardware) como virtual (software).

Partes del dispositivo focus blue 14

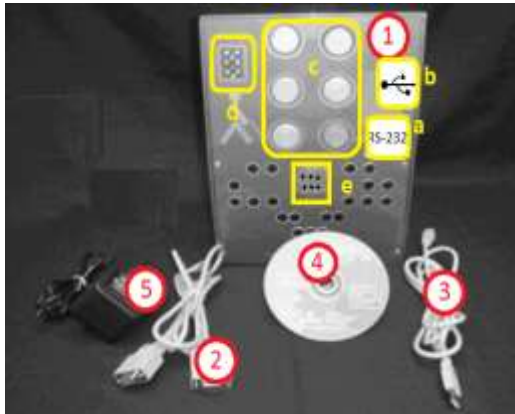


- (1) Interruptor de poder
- (2) Puerto estándar micro USB
- (3) Celdas braille
- (4) Router cursor
- (5) NAV Rocker
- (6) Modos NAV Rocker
- (7) Teclado braille (7)
- (8) Barra espaciadora



Partes y componentes del dispositivo braille

Partes y componentes del dispositivo e_braille



- (a) Conexión serie
- (b) Conexión USB
- (c) Signo generador grande
- (d) Signo generador pequeño
- (e) Parlante

Partes y componentes del guante móvil lorm



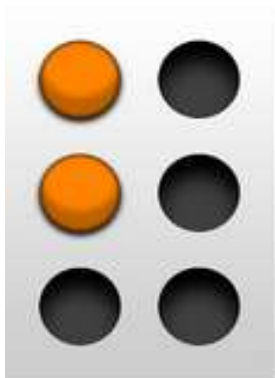
Sensores de presión textiles
Motores de vibración pequeños



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Dispositivos virtuales

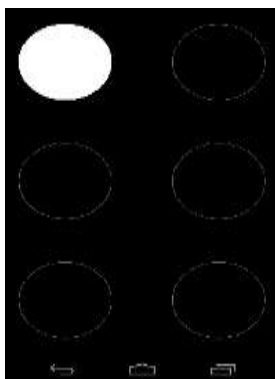
BrailleBack



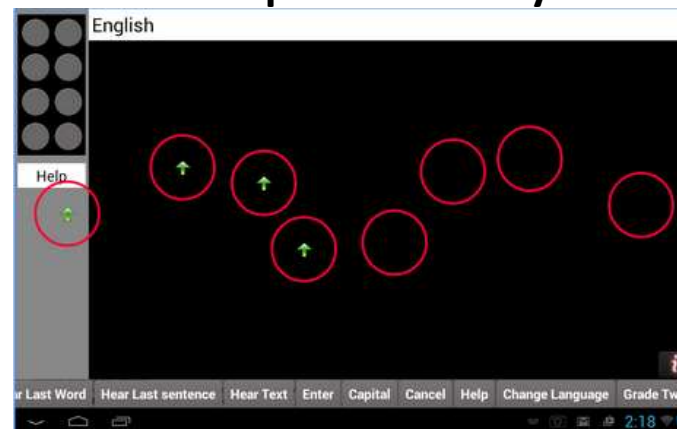
Blind SMS Reader 3.0 PRO



The Android Braille Slate



Super Braille Keyboard



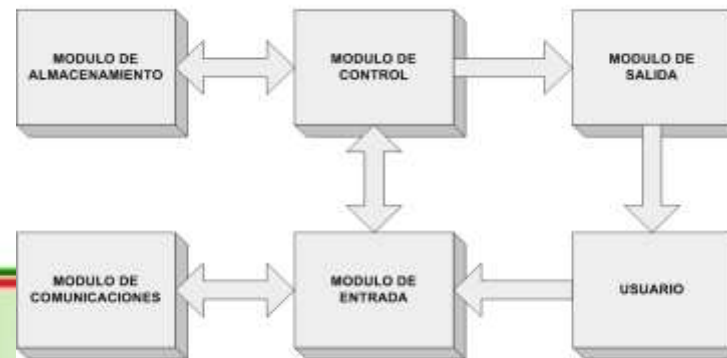
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Técnicas de control aplicadas al proceso

Dispositivos para limitados visuales desarrollados por el grupo aplicabilidad tecnológica de la UMB.



Dispositivo tecnológico para la optimización del tiempo de aprendizaje del lenguaje Braille en personas invidentes



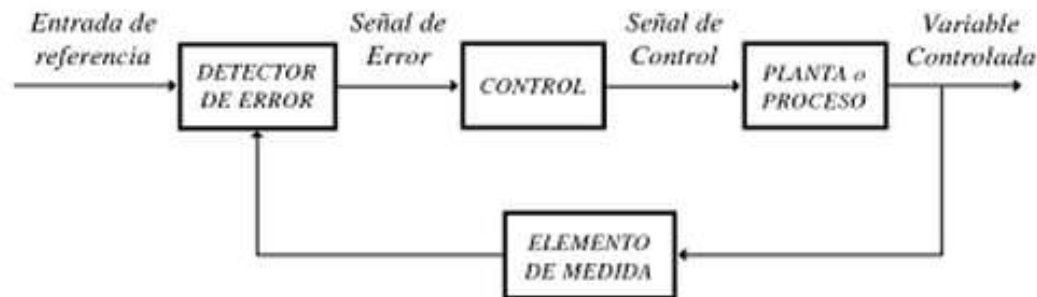
Técnicas de control aplicadas al proceso

Sistemas de control dinámico

Sistema en lazo abierto



Sistema en lazo cerrado



Sistemas combinacionales y secuenciales

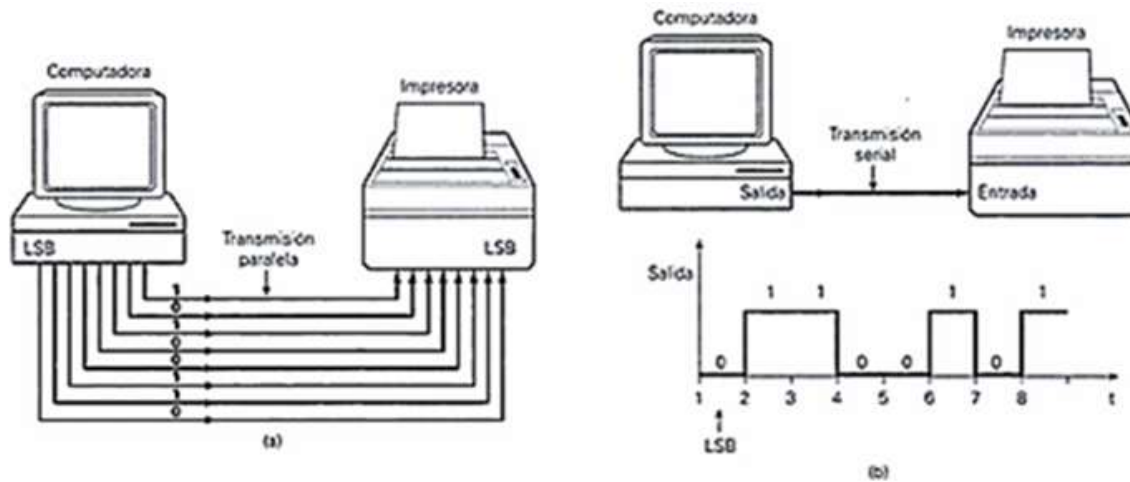


Control de encendido y apagado (on/off).



Comunicación

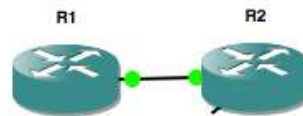
Transmisión de datos en serie y en paralelo



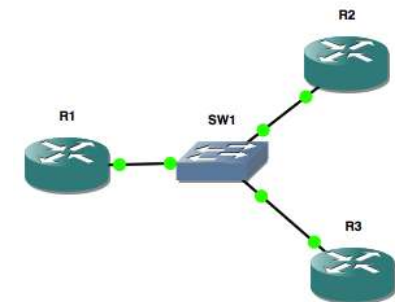
Número binario
10100110

Configuraciones

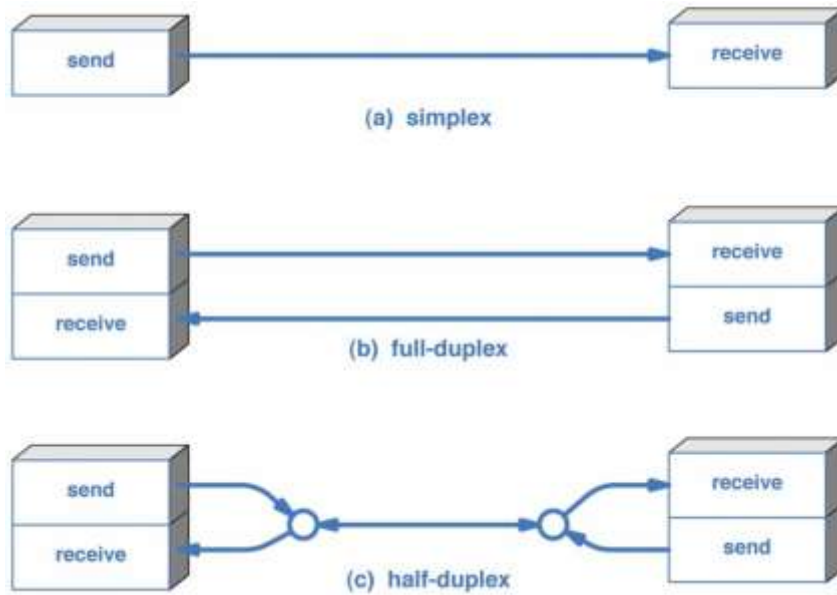
Dos puntos



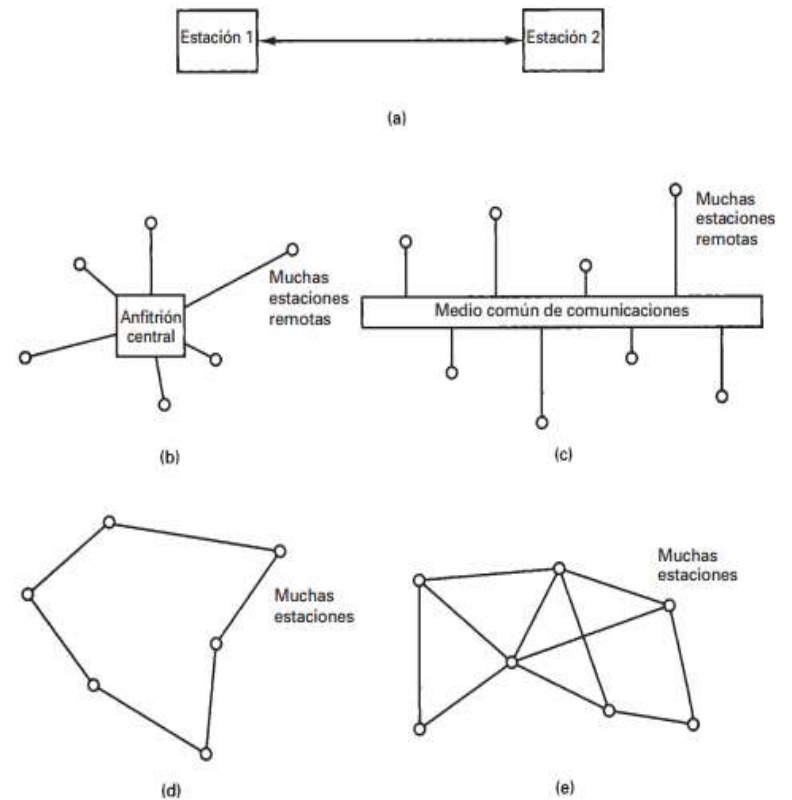
Multipunto



Modos de Transmisión



Topologías



Código ASCII

ASCII (American Standard Code for Information Interchange)

Código alfanumérico se utiliza para representar todos los números y letras del alfabeto, también símbolos, caracteres especiales y ordenes de control para periféricos de entrada y salida.

0	24	†	48	0	72	H	96		120	x	144	E	168	¿	192	L	216	±	240	≡	
1	Ⓔ	25	↓	49	1	73	I	97	a	121	y	145	æ	169	ƒ	193	⊥	217	‡	241	±
2	⓪	26	+	50	2	74	J	98	b	122	z	146	Ⓔ	170	ƒ	194	⌈	218	⌈	242	≥
3	♥	27	+	51	3	75	K	99	c	123	{	147	ø	171	⌘	195	⌋	219	▀	243	≤
4	+	28	⌊	52	4	76	L	100	d	124	|	148	ö	172	⌘	196	—	220	▀	244	⌋
5	+	29	+	53	5	77	M	101	e	125	}	149	ö	173	ı	197	⌈	221	▀	245	⌋
6	+	30	—	54	6	78	N	102	f	126	~	150	ú	174	“	198	⌋	222	▀	246	÷
7		31	♥	55	7	79	O	103	g	127	▲	151	ù	175	”	199	▀	223	▀	247	≈
8		32		56	8	80	P	104	h	128	Ç	152	ÿ	176	⌘	200	▀	224	α	248	°
9		33	†	57	9	81	Q	105	i	129	Û	153	ÿ	177	⌘	201	▀	225	β	249	·
10		34	”	58	:	82	R	106	j	130	é	154	Û	178	⌘	202	▀	226	Γ	250	·
11	♂	35	#	59	:	83	S	107	k	131	â	155	ç	179	⌘	203	▀	227	Π	251	√
12	♀	36	\$	60	<	84	T	108	l	132	ä	156	ç	180	⌘	204	▀	228	Σ	252	”
13		37	%	61	=	85	U	109	m	133	ã	157	ſ	181	⌘	205	▀	229	σ	253	”
14	∩	38	&	62	>	86	U	110	n	134	ä	158	ſ	182	⌘	206	▀	230	μ	254	▀
15	□	39	·	63	?	87	W	111	o	135	ç	159	f	183	⌘	207	▀	231	γ	255	a
16	▶	40	(	64	@	88	X	112	p	136	ê	160	ä	184	⌘	208	▀	232	ø		
17	◀	41	)	65	A	89	Y	113	q	137	ë	161	í	185	⌘	209	▀	233	ø		
18	↑	42	x	66	B	90	Z	114	r	138	è	162	ó	186	⌘	210	▀	234	Ω		
19	!!	43	+	67	C	91	[	115	s	139	ÿ	163	ú	187	⌘	211	▀	235	δ		
20	¶	44	.	68	D	92	\	116	t	140	î	164	ñ	188	⌘	212	▀	236	∞		
21	§	45	-	69	E	93	]	117	u	141	ï	165	Ñ	189	⌘	213	▀	237	φ		
22	—	46	.	70	F	94	^	118	v	142	Ä	166	ä	190	⌘	214	▀	238	€		
23	↓	47	/	71	G	95	_	119	w	143	Å	167	æ	191	⌘	215	▀	239	∩		



Bluetooth



El conjunto de especificaciones Bluetooth responde a las necesidades de conexión inalámbrica de corto alcance. La combinación de conmutación de circuitos y de paquetes hace del protocolo de banda base Bluetooth apropiados para la transmisión de datos y voz. La implementación de la tecnología inalámbrica Bluetooth también conocida como IEEE 802.15.1 en dispositivos de transmisión de corto alcance permite un menor tamaño y reducción de costos.



Funcionamiento del estándar

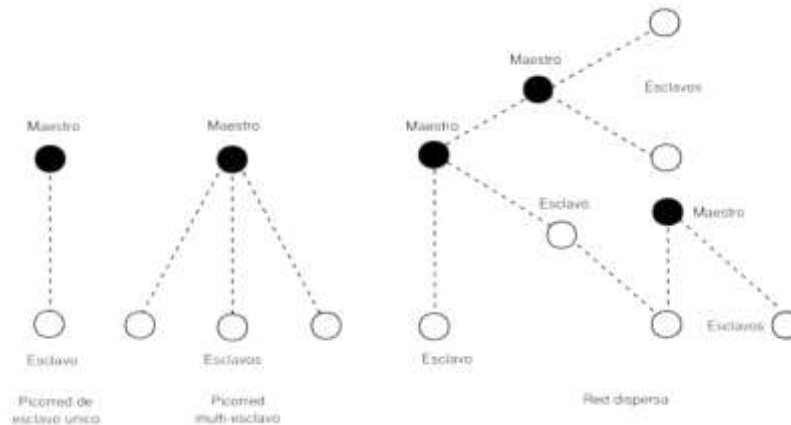
Característica/Función	Funcionamiento
Tipo de conexión	Expansión de espectro(saltos de frecuencia)
Espectro	Banda ISM de 2.4 GHz
Potencia de transmisión	1 mili vatio(mW)
Velocidad de datos total	1 Mbps utilizando saltos de frecuencia
Alcance	Hasta 10 metros
Estaciones soportadas	Hasta ocho (8) dispositivos por picorred
Canales de voz	Hasta tres (3)
Seguridad de datos	Para autenticación, una clave de 128 bits; para cifrado, el tamaño de la clave es configurable entre 8 y 128 bits.
Direccionamiento	Cada dispositivo tiene una dirección MAC de 48 bits que se utiliza para establecer una conexión con otro dispositivo.



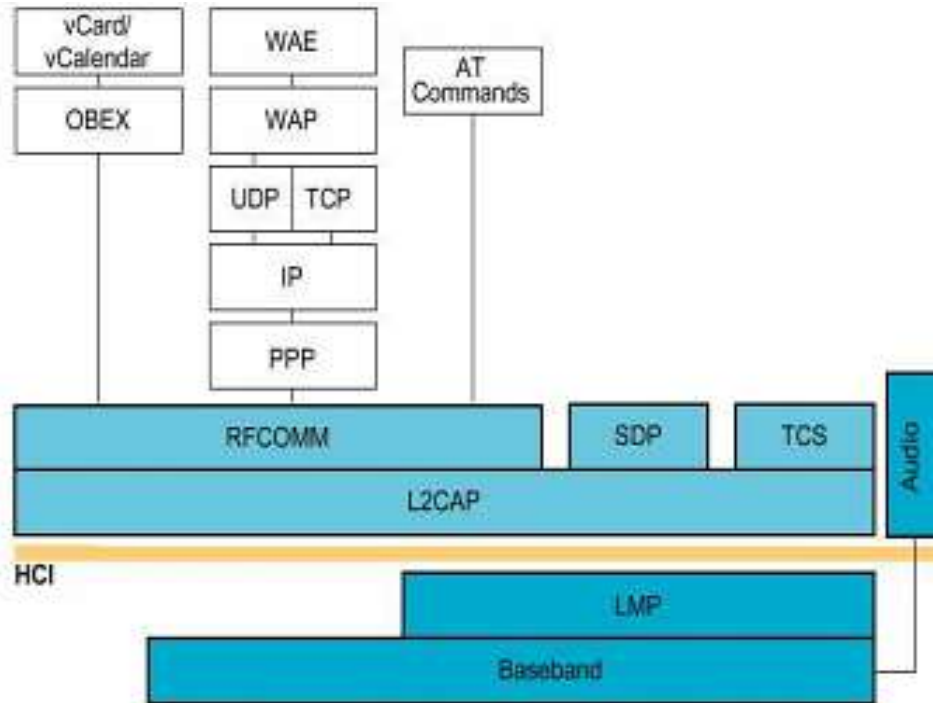
Arquitectura de Hardware



Topología Bluetooth



Pila de Software



- Protocolos Fundamentales
Banda Base,LMP,L2CAP,SDP
- Protocolos de sustitución de cable
RFCOMM,Comandos AT
- Protocolos de telefonía
- TCS BIN
- Protocolos adoptados
PPP,UDP,TCP,IP
- Nivel de protocolo Bluetooth
OBEX,WAP,vCard,Vcalender,IrMC,WAE



Transmisión

ACKNOWLEDGEMENT

FRECUENCY HOPPING

SÍNCRONO

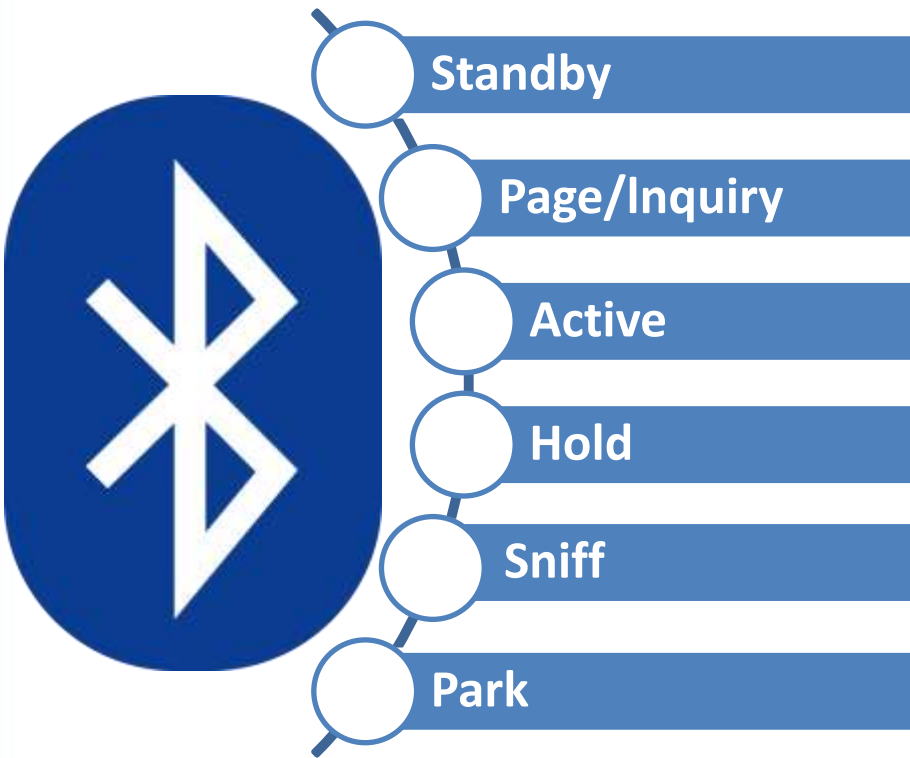
ASÍNCRONO

SIMÉTRICA

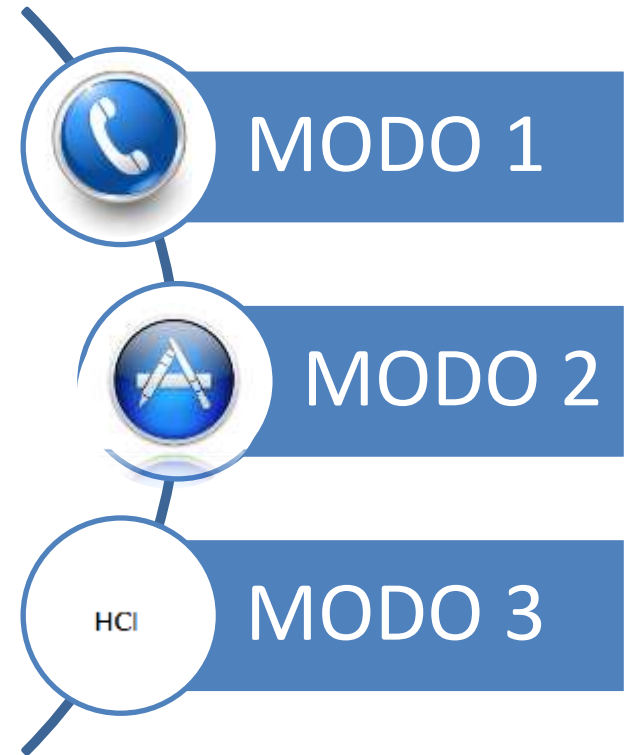
ASIMÉTRICA



Protocolo de Conexión



Seguridad



CAPITULO II

Análisis, diseño, implementación



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diseño de la comunicación

Módulo Bluetooth CZ-HC-05



- ASÍNCRONO
- ASIMÉTRICA
- WAP
- COMANDOS AT

Tensión de alimentación: 3.3V a 5V
 Frecuencia: 2.4GHz banda ISM
 Seguridad: Autenticación y encriptación.
 Velocidad Asíncrona: 2.1Mbps (Max) / 160 kbps
 Velocidad Sincrónica: 1Mbps/1Mbps
 Soporta comandos AT para configuración a través de un puerto serie.
 Configuración por defecto para el puerto COM: 9600, N, 8,1
 Temperatura de trabajo: -20 °C a +75 °C
 Dimensiones: 26.9m x 13mm x 2.2 mm
 Corriente: 30mA máx.
 Tamaño módulo principal: 28 mm x 15 mm x 2,35 mm

Parámetros de diseño

- Potencia de consumo
- Rango
- Costos
- Frecuencia

Bluetooth versus Wi-Fi

	Bluetooth	Wi-Fi
Línea de Vista	No	No
Configuración	Punto a Punto Punto a Multipunto	Punto a Punto Punto a Multipunto
Tasa de transferencia	1Mbps	11 Mbps
Potencia Consumo	Reducido	Elevado
Frecuencia	2.4 GHz	2.4 GHz
Rango	10 metros	10 hasta 100 metros
Seguridad	Baja	Moderada
Numero de dispositivos	8	32
Precio	Costoso	Accesible

Diseño del sistema de control

Requerimientos del sistema de control

- Rastreo de las señales del teclado de braille.
- Decodificación del alfabeto braille.
- Enlace de comunicación inalámbrica.
- Codificación al alfabeto braille.
- Identificación de los diferentes modos de operación.

- ❖ 8 entradas digitales.
- ❖ 11 salidas digitales.
- ❖ Puerto de comunicación serial.

Identificación de las conexiones

	No. ENTRADAS	No. SALIDAS	TIPO
Teclado Braille	6		Digitales
Celda Braille		6	Digitales
Tecla enter	1		Digitales
Indicador de encendido y apagado		1	Digital
Indicador de maestro esclavo		1	Digital
Interfaz de comunicación serial	1	1	Bus de datos
Encendido y apagado Bluetooth		1	Digital



Baby Orangutan B-328 Robot Controller



Microcontrolador: ATmega328P
Voltaje de entrada: 5 a 13,5V (15V máx.)
Digital pines I/O: 16 (de las cuales 6 proporcionan salidas PWM)
Pines de entrada analógicos: 8
Corriente DC por E/S: 40 mA
Memoria Flash: 32 Kb
SRAM: 2Kb
EEPROM: 1 Kb
Velocidad de reloj: 20 MHz
Medidas: 3,04 x 1,78 cm
Precio: 29,9 dólares americanos

Arduino Mini Pro



Microcontrolador: ATmega328P
Voltaje de entrada: 3.3 a 5V (dependiendo del modelo)
Digital pines I/O: 14 (de las cuales 6 proporcionan salidas PWM)
Pines de entrada analógicos: 6
Corriente DC por E/S: 40 mA
Memoria Flash: 32 Kb
SRAM: 2Kb
EEPROM: 1 Kb
Velocidad de reloj: 20 MHz
Medidas: 3,3 x 1,78 cm
Precio: 7 dólares americanos



Diseño electrónico del dispositivo de comunicación braille

Selección y justificación de partes del dispositivo braille

Teclado braille y tecla enter



Indicador de poder y
Indicador maestro esclavo



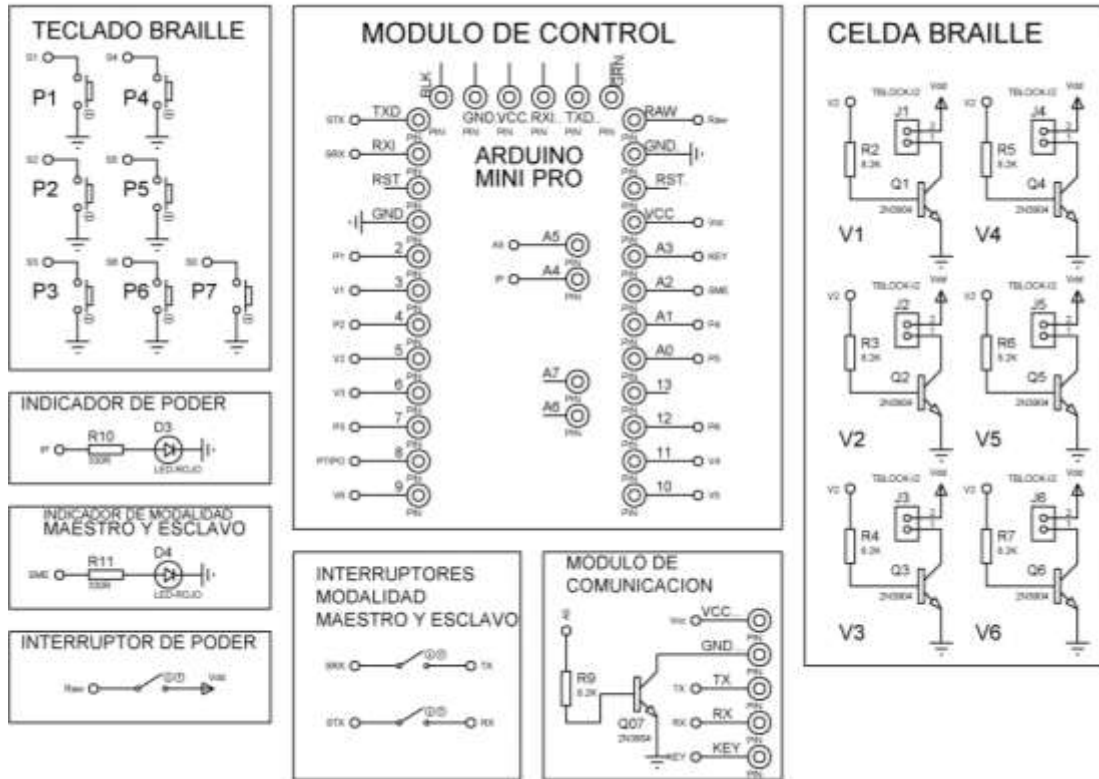
Celda braille



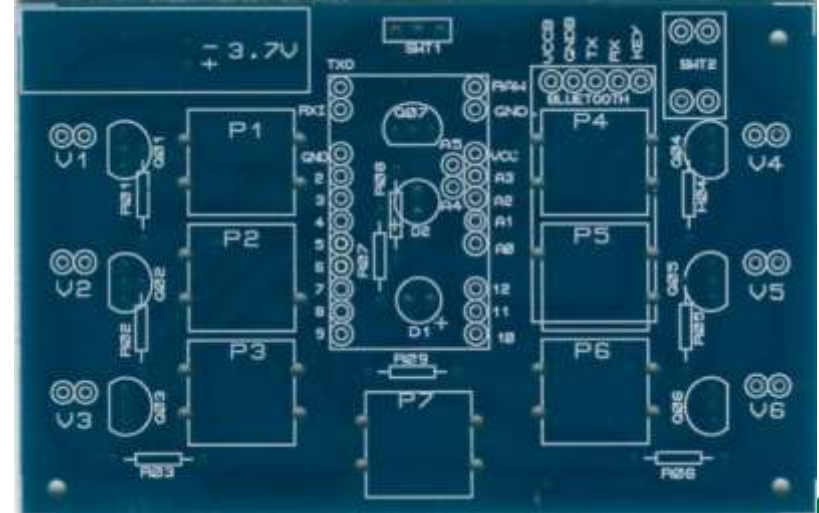
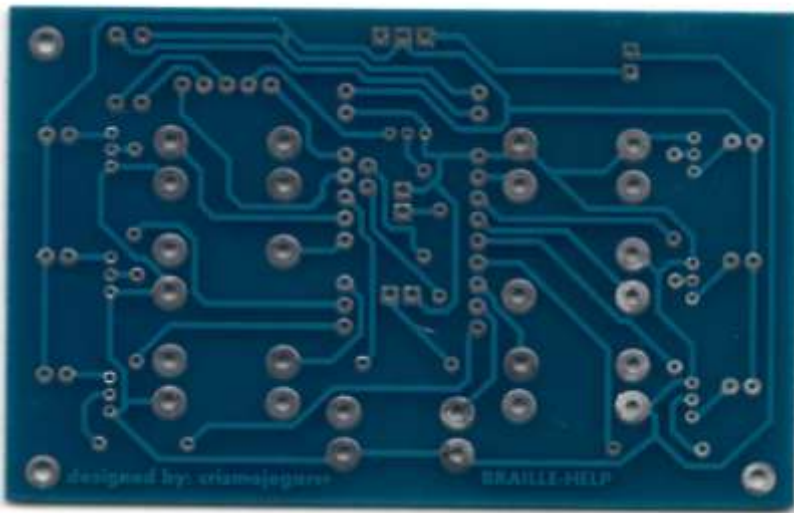
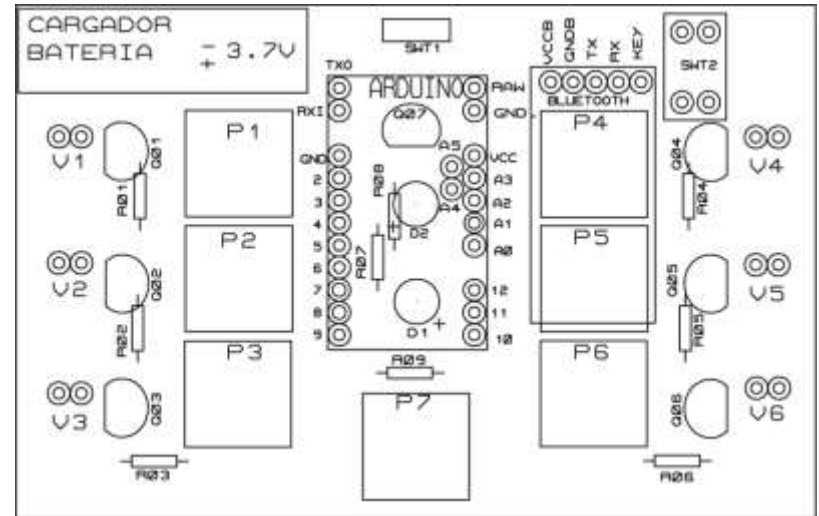
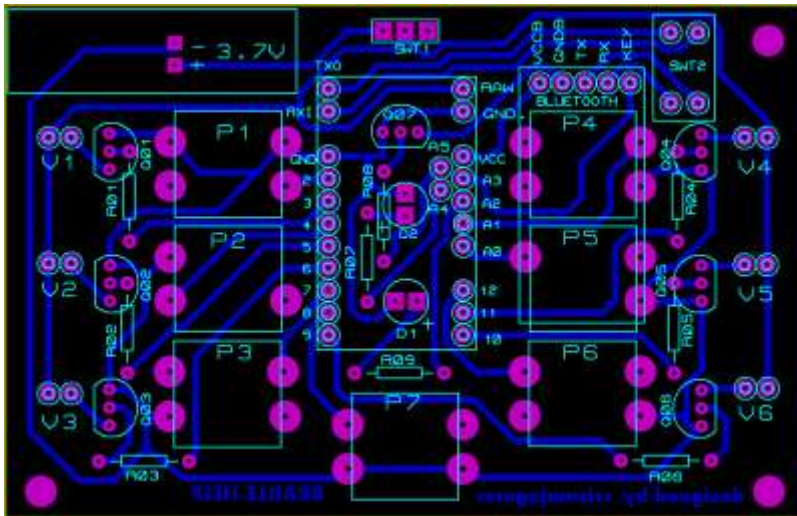
Interruptor de poder



Esquema del circuito electrónico



Implementación del dispositivo de comunicación braille



Cálculos de elementos electrónicos

Resistencia de la Celda Braille

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

$$I_b = \frac{60 \text{ mA}}{200}$$

$$I_b = 300 \mu\text{A}$$

$$R_b = \frac{V_{ss} - V_{be}}{I_b}$$

$$R_b = \frac{3,3 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{300 \mu\text{A}}$$

$$R_b = \frac{3,3 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{300 \mu\text{A}}$$

$$R_b = 8666,66 \Omega$$

Resistencia de Indicadores

$$R = \frac{V_{ss} - V_D}{I}$$

$$R_{LED \text{ ROJO}} = \frac{3,3 \text{ V} - 1,2 \text{ V}}{5 \text{ mA}}$$

$$R = 420 \Omega$$

$$R_{LED \text{ VERDE}} = \frac{3,3 \text{ V} - 1,6 \text{ V}}{5 \text{ mA}}$$

$$R = 340 \Omega$$



Cálculos de elementos electrónicos

Batería

Elemento electrónico:	Corriente de consumo:
Indicador de poder	15mA
Indicador maestro y esclavo	15mA
Pin de salida tarjeta arduino mini pro	40mA
Celda braille	60mA
Bluetooth	30mA
Teclado braille	0,17mA

$$Q = I * t$$

$$Q = 160,17\text{mA} * 10\text{h}$$

$$Q = 1601,7 \text{ mAh}$$

$$Q = \frac{Q}{0,8}$$

$$Q = 2002,125 \text{ mAh}$$



Circuito de carga

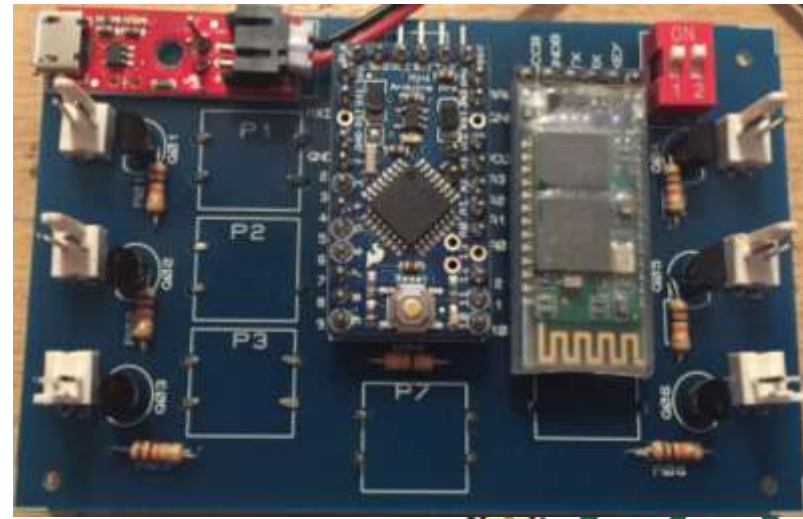
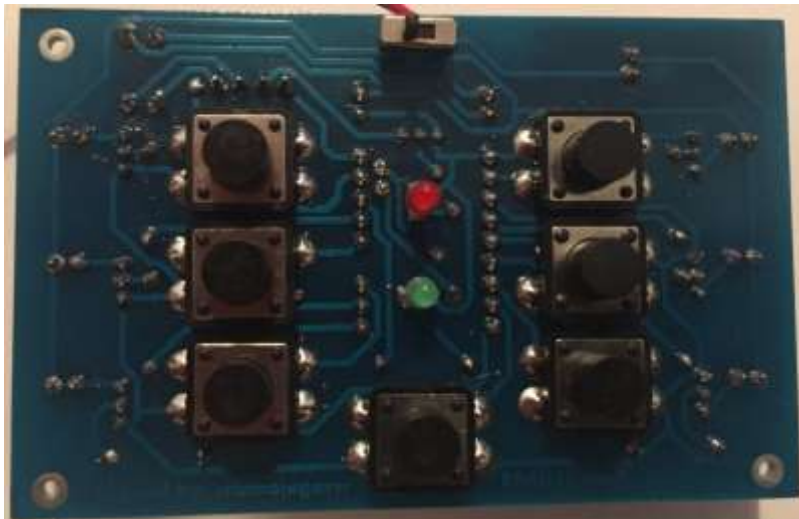
$$TC = \frac{Q_B}{Q_C}$$

$$TC = \frac{2000 \text{ mAh}}{500 \text{ mAh}}$$

$$TC = 4 \text{ h}$$

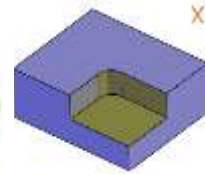
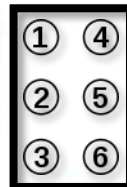


Montaje de los elementos electrónicos



ISO-9241 y EN-ISO 9241.

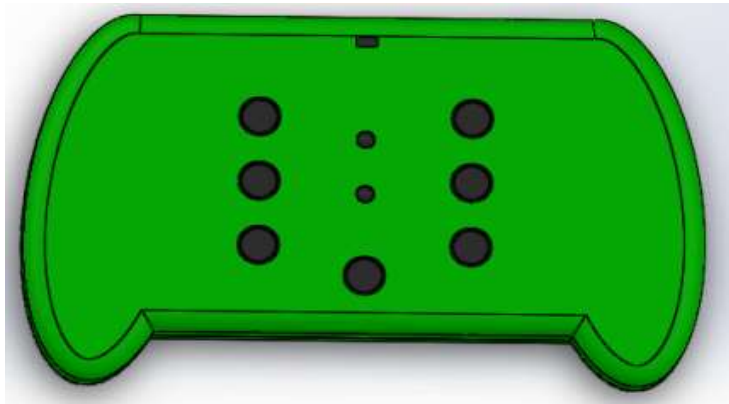
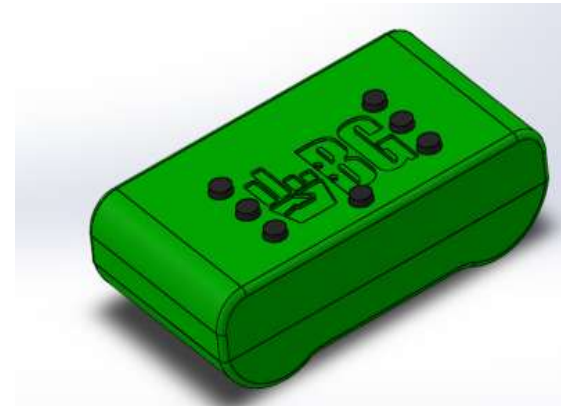
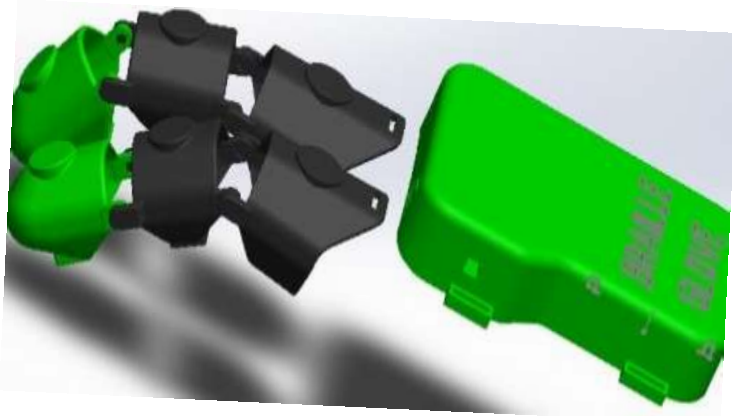
- Retroalimentación ("feed-back")
- Expectativas del usuario
- Estables y seguros durante la práctica habitual de trabajo.
- Transferencia de habilidades adquiridas con otros dispositivos.
- Minimicen la carga física y mental del usuario.
- Posición relativa del dispositivo
- Fácil mantenimiento.
- Efecto al medio ambiente sea mínimo
- No bordes o esquinas agudas
- Materiales poco conductores del calor.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diseño mecánico del dispositivo braille



El teclado como entrada de datos es excelente.
La salida de datos por medio de la celda braille
es excelente.

La portabilidad es buena debido a su tamaño.
Cumple la mayoría de requerimientos
ergonómicos.



Análisis Estructural

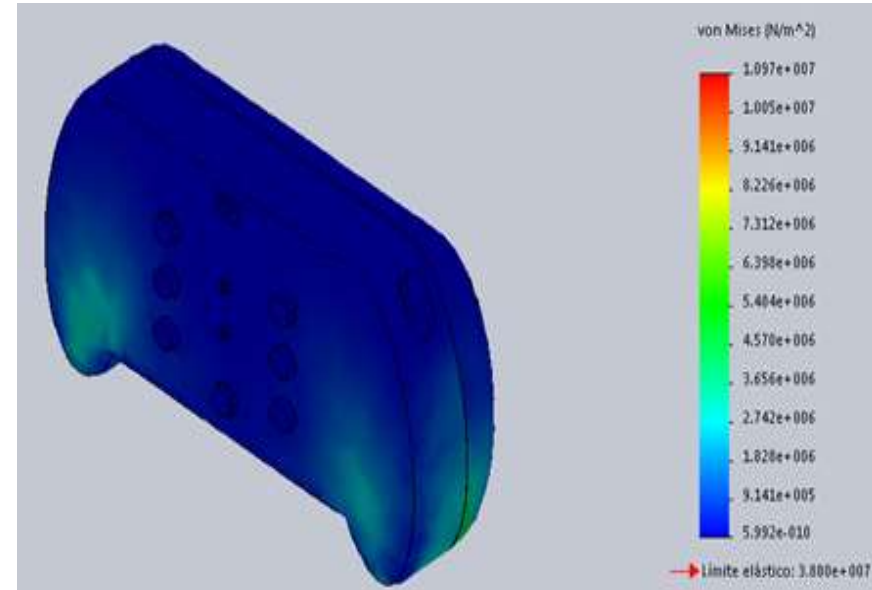
$$V_f^2 = V_0^2 + 2 g \cdot h$$

$$V_f^2 = 0^2 + 2(9,81)(1,4)$$

$$V_f^2 = 27,47$$

$$V_f = \sqrt{27,47}$$

$$V_f = 5,24 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

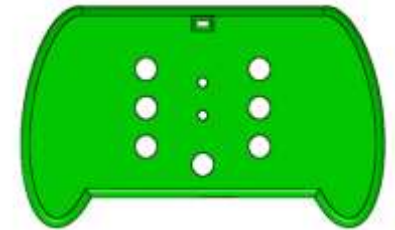
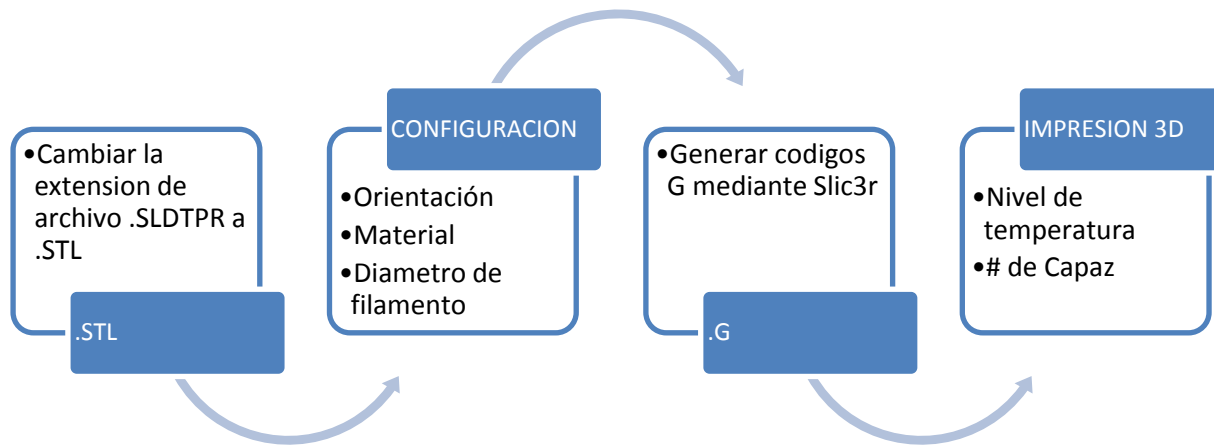


Esfuerzo máximo 10,97 MPa

Límite elástico de 38,8 Mpa



Fabricación del dispositivo de comunicación braille

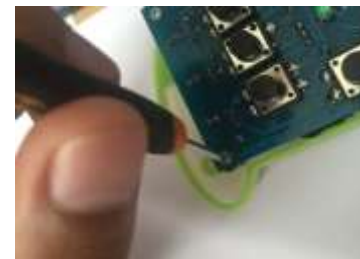
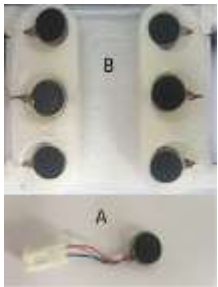
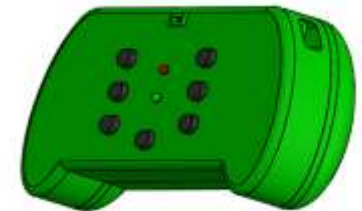
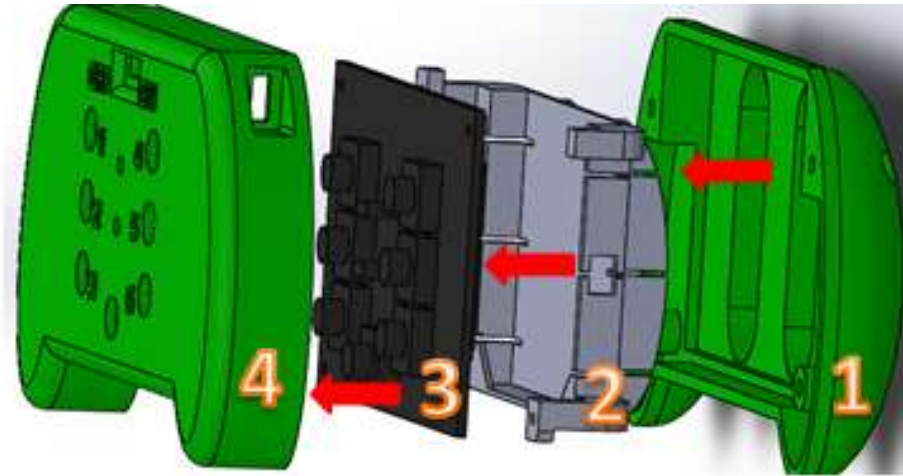


Nombre del elemento	Tiempo de impresión	Cantidad
Tapa frontal	4h 25min	2
Tapa posterior	3h 35min	2
Soporte de vibradores	2h 22min	2

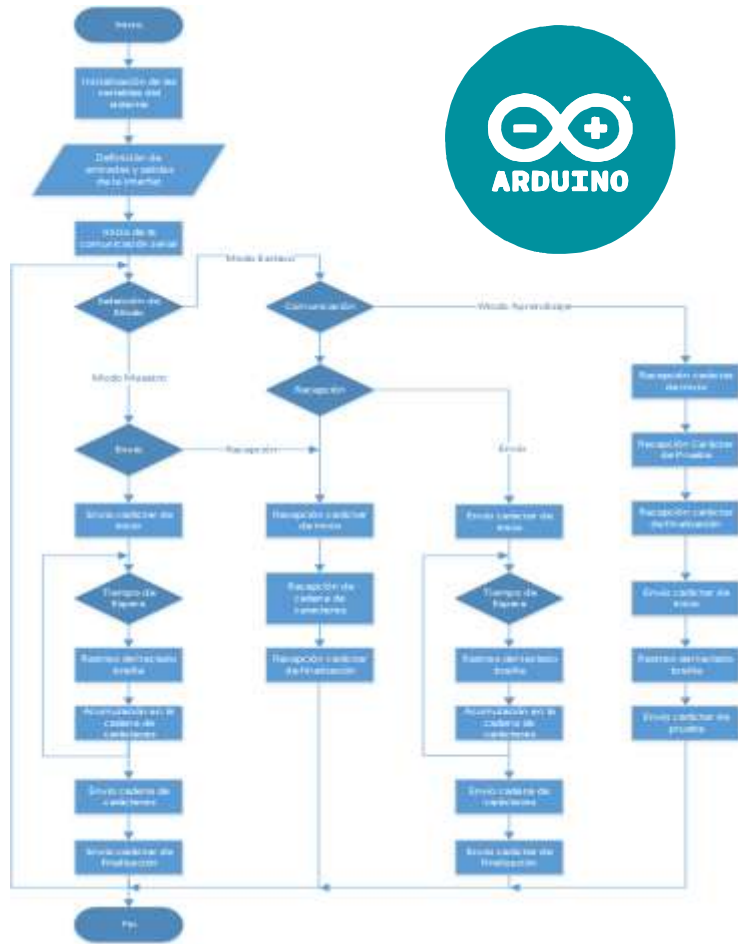
20 horas 44 minutos



Ensamblaje del dispositivo de comunicación braille



Programación de la tarjeta de control

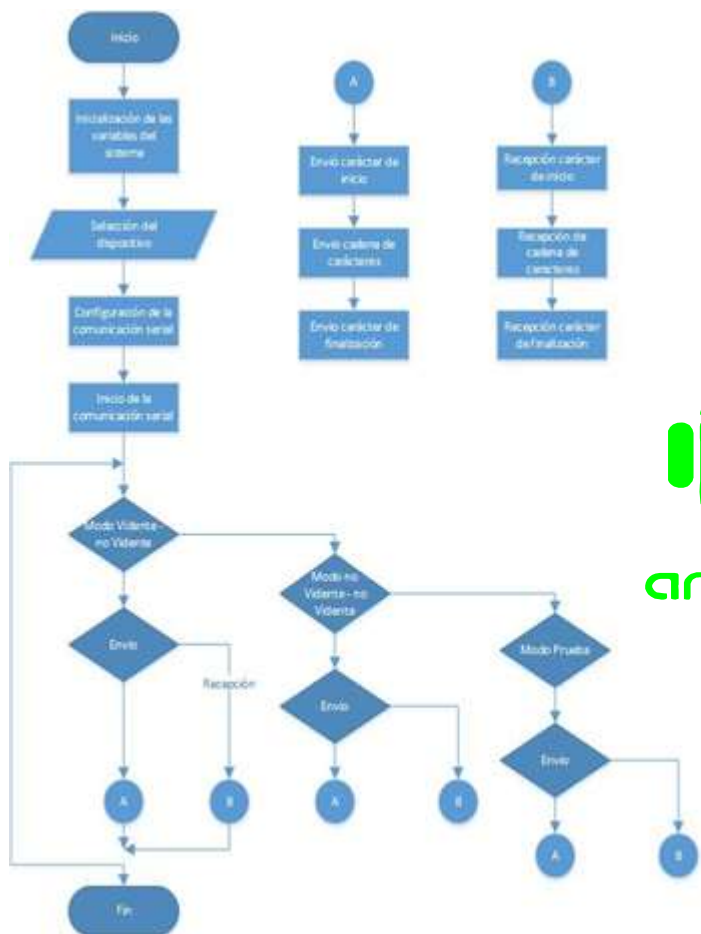


Manejo de comandos AT
Inicialización de la comunicación.
Rastreo de las señales del teclado (braille y botón enter)
Procesamiento de los datos recibidos y enviados.
Manejo de la celda braille y los indicadores.

Rastreo de las señales del teclado braille.
Codificación de las señales entrantes a alfabeto latino.
Decodificación a alfabeto braille del mensaje entrante.
Manejo de instrucciones de acuerdo al modo de comunicación.



Programación de la aplicación android



Interfaz de comunicación inalámbrica bluetooth.

Selección del dispositivo de comunicación.

Manejo de los modos de operación.

Apertura de la comunicación.

Cierre de la comunicación.

Selección del dispositivo a conectarse en base al identificador MAC del módulo Bluetooth.

Selección del modo de comunicación con los dispositivos braille.

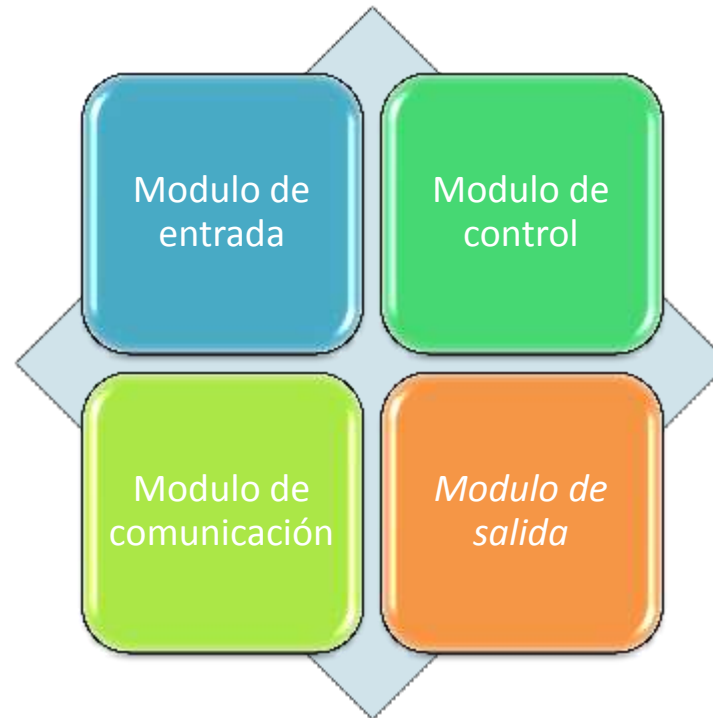
Envío y recepción de los datos según el modo de comunicación.

Interpretación del mensaje recibido.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Módulos del dispositivo braille

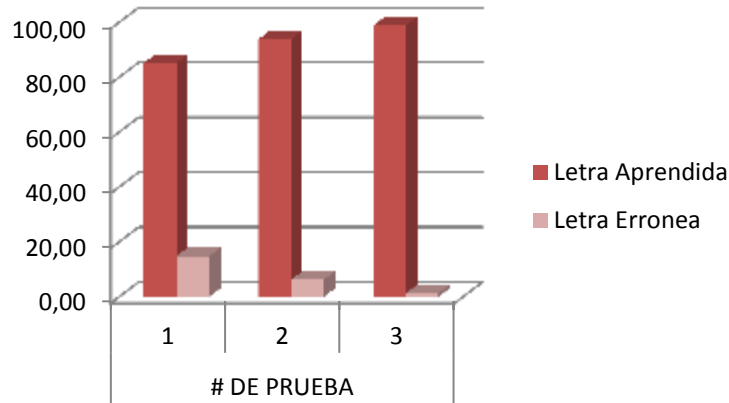


CAPITULO III

Pruebas y Resultados



Pruebas del sistema de reconocimiento de señales sensadas



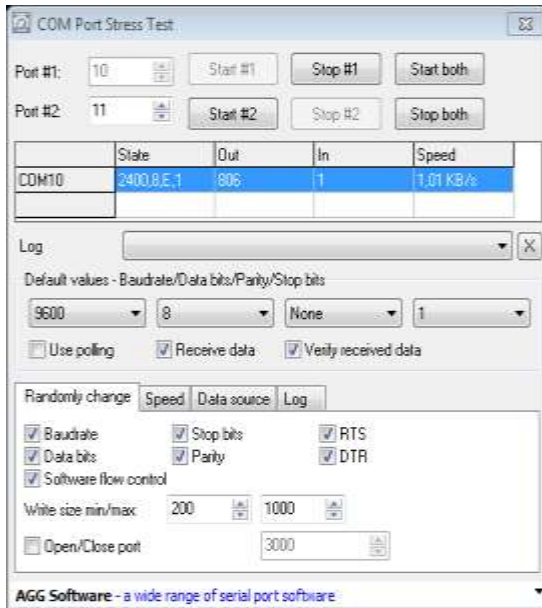
Pruebas de comunicación



PALABRA	TIEMPO (s)	
	Método 1	Método 2
cantante	13.94	18.09
monica	10.07	16.50
hola	8.67	15.65
viento	12.06	20.75
colores	12.73	19.95
figura	13.09	20.50
mar	4.19	11.42
esperanza	15.07	34.81



Pruebas de transmisión de datos



Muestra	Distancia	Velocidad	Paquetes Enviados	Paquetes Recibidos	Disminución de Velocidad
1	1 m	1,01 KB/s	806	1	0%
2	2 m	949,71 B/s	773	1	8,17%
3	3 m	779,46 B/s	495	1	24,63%
4	4 m	727,79 B/s	890	30	29,63%
5	5 m	690,32 B/s	853	4	33,25%
6	6 m	655,86 B/s	802	1	36,58%
7	7 m	603,65 B/s	812	2	41,63%
8	8 m	559,29 B/s	824	1	45,92%
9	9 m	238,79 B/s	520	1	76,91%
10	10 m	136,71 B/s	212	1	86,78%



Validación de la hipótesis

H_1 : Existe mejora de la intercomunicación con personas discapacitadas mediante el dispositivo con sistema de comunicación braille. (Hipótesis alternativa)

H_0 : No existe mejora (Hipótesis nula)

$$\text{Chi cuadrado } \chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j}$$

$$\text{Freq. Esperada. Afirmativa} = \frac{hxNa}{N}$$

	Afirmativo	Negativo	# de pruebas
Freq. esperada	8,222	0,778	
Suma Total	222,000	21,000	243,000

Grados de libertad

$$v = (h - 1) * (k - 1)$$

$$v = (27 - 1) * (2 - 1)$$

$$v = 26$$

Chi cuadrado 60.05

Grado de libertad 26

$\chi^2_{.995}$ igual a 48.3

$\chi^2_{.995} = 48.3 < 60.05$

se rechaza la hipótesis nula



Análisis técnico económico

Costos de impresión 3D

Ord.	Descripción	Cantidad mgr	Precio unitario	Precio final
1	Pieza principal	131,8	0,25	32,95
1	Pieza posterior	112,8	0,25	28,2
1	Soporte vibradores	64,93	0,25	16,23
TOTAL:				77,38

Costos de componentes electrónicos

Ord.	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio final
1	Pulsadores	7	0,35	2,45
2	Led	2	0,6	1,2
3	Interruptor	1	0,75	0,75
4	Circuito de carga	1	7,95	7,95
5	Tarjeta arduino mini pro	1	9,95	9,95
6	Transistor 3904	7	0,3	2,1
7	Resistencias de	7	0,14	0,98
8	Resistencias de	2	0,08	0,16
9	Conectores macho y hembra	6	0,5	3
10	DIP switch	1	0,3	0,3
11	Batería	1	12,95	12,95
12	Espadín	1	0,75	0,75
13	Placa electrónica	1	18	18
14	Vibradores	6	3,14	18,84
TOTAL:				79,38

Costos de ingeniería y costo total del proyecto

Ord.	Descripción	k(USD)	N horas hombre	Subtotal
1	Ingeniería del proyecto	20	50	1000
2	Montaje e implementación	3	8	24
3	Costo de materiales			313,52
TOTAL:				1337,52

El costo total por dispositivo con sistema de comunicación braille es de 668,76 USD. Dispositivos como focus blue 14 para personas sordociegas están a un costo de 1,295.00 USD



Pruebas de Funcionamiento



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CAPITULO IV

Conclusiones y Recomendaciones



CONCLUSIONES

- Objetivos planteados se alcanzaron satisfactoriamente.
- Información técnica: Solventar necesidad de requerimientos
- Parámetros de diseño: Familiarización del nuevo sistema.
- Interfaz de comunicación:
- Validación de la hipótesis
- Pruebas de funcionamiento
- Prueba de transmisión
- Criterios de ergonomía



RECOMENDACIONES

- Alternativas para la celda braille
- Fuente de energía alternativa
- Pantalla gráfica en el dispositivo
- Carcasa más robusta y liviana
- Control de intensidad vibratoria
- Estudio de caída
- Impresión 3d
- Sistemas operativos
- Revisión de partes
- Manual Braille



Mientras haya vida, hay esperanza.

Stephen Hawking



Gracias