



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**“SISTEMA DE SEGURIDAD AUTÓNOMO PARA SILLAS DE RUEDAS
CON CONTROL CENTRALIZADO Y AUTO-GENERACIÓN DE ENERGÍA
(ECOLÓGICO)”**

**AUTORA: ANGELA CELENE LEÓN CHAMORRO
DIRECTOR: ING. DIEGO LUIS ORTIZ**

**IBARRA – ECUADOR
2017**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003002415		
APELLIDOS Y NOMBRES:	León Chamorro Angela Celene		
DIRECCIÓN:	San Salvador 5-42 Guaranda		
EMAIL:	acleon@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062545191	TELÉFONO MÓVIL:	+593997473043

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Sistema de seguridad autónomo para sillas de ruedas con control centralizado y auto-generación de energía (ecológico)
AUTOR (ES):	Angela Celene León Chamorro
FECHA: AAAAMMDD	15-06-2017
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Diego Ortiz

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Angela Celene León Chamorro, con cédula de identidad Nro. 100300241-5, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 15 días del mes de junio de 2017

EL AUTOR:



(Firma).....

Nombre: Angela Celene León Chamorro



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Angela Celene León Chamorro, con Cédula de identidad Nro. 100300241-5, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículos 4, 5, 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: Sistema de seguridad autónomo para sillas de ruedas con control centralizado y auto-generación de energía (ecológico), que ha sido desarrollada para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

.....
Firma:

Nombre: Angela Celene León Chamorro

C.I.: 100300241-5

Ibarra, 15 de Junio de 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

En calidad de Director de Trabajo de Grado “Sistema de seguridad autónomo para sillas de ruedas con control centralizado y auto-generación de energía (ecológico)”, presentado por la Señorita Angela Celene León Chamorro, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Diego Ortiz', is written over a horizontal line.

.....
Ing. Diego Ortiz
DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, ANGELA CELENE LEÓN CHAMORRO, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

.....
Firma:

Nombre: Angela Celene León Chamorro

C.I.: 100300241-5

Ibarra, 15 de Junio del 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Primero que nada agradezco a Dios por permitirme y confirme la capacidad de culminar mis estudios universitario, agradezco a mi familia que son el pilar, quienes me han sido mi soporte en las buenas y en las malas y que sin ellos y su apoyo incondicional no se hubiese podido lograr esta meta personal.

Agradezco al Gobierno Provincial de Imbabura por confiar en mi para realizar este trabajo de grado y poder brindar ayuda a las personas con discapacidad y al medio ambiente.

Y también es necesario agradecer a la Universidad Técnica del Norte por su formación no solo profesional sino que también personal y gerencial.

Angela Celene León Chamorro



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

A Dios por todas sus bendiciones, a mi padre, por todos sus sacrificios que han hecho posible culminar esta meta en mi vida, a mi madre por todo su apoyo, cariño y paciencia en mi vida y a mis hermanos por su apoyo moral.

Angela Celene León Chamorro

RESUMEN

Por medio de esta investigación para trabajo de grado, se está aplicando una modificación a sillas de ruedas convencionales, que permita generar una herramienta funcional para la seguridad de las personas presentan una discapacidad adquirida. Por lo tanto esta herramienta brindará soporte y auxilio inmediato en caso de caída, desmayo, exceso de velocidad y un botón de pánico en caso de vivir una emergencia en la que se pueda solicitarla de forma manual. De tal manera que si se presentara algunos de estos casos, que, en ocasiones podrían ser fatales para las personas en silla de ruedas, el sistema automáticamente envía un mensaje de texto al familiar responsable con la ubicación del beneficiario. El sistema también busca ser amigable con el medio ambiente ya que la silla cuenta con su propio generador de energía eléctrica, ubicado en uno de los ejes de las llantas, de tal manera que, se optimice el esfuerzo que realizan para movilizarse y se vea reflejado en la generación de esta energía, la cual no solo satisface el consumo eléctrico del sistema de control de la silla, sino que también la almacena en un banco de baterías, y esta energía la persona de la silla de ruedas puede venderla o regalarla para ayudar a alguien más que necesite una carga para su teléfono celular ya que cuenta con una salida USB de 5V, siendo un sistema inclusivo, económico, ecológico y seguro para los usuarios.

ABSTRACT

Through this research for undergraduate work, it is applying a modification to conventional wheelchairs, that can generate a functional tool for the security of people have an acquired disability. So this tool will support and immediate assistance in case of fall, fainting, speeding and a panic button in case of an emergency in live you can apply manually. So that if some of these cases, which sometimes could be fatal for people in wheelchairs, was presented the system automatically sends a text message to the responsible familiar with the location of the beneficiary. The system also seeks to be friendly to the environment since the chair has its own power generator, located in one of the axes of the wheels, so that the effort made to mobilize and optimize see reflected in the generation of this energy, which not only meets the power consumption of the control system of the chair, but also stores it in a battery bank, and this energy the person of the wheelchair can sell it or give it away to help someone else who needs a burden on her cell phone as much with a USB output 5V, being inclusive, economic, ecological and safe for users system.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	IV
CERTIFICACIÓN	V
DECLARACIÓN	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XV
CAPITULO I.....	1
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	2
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.5. ALCANCE Y LIMITACIONES.....	3
CAPÍTULO II	5
2. REFERENCIA TEÓRICO	5
2.1. HISTORIA DE LA DISCAPACIDAD EN EL ECUADOR.....	5
2.2. ANTECEDENTES.....	6
2.3 MARCO TEÓRICO.....	8
2.2.1. TRABAJO MECÁNICO	8
2.2.2. CONSERVACIÓN DE ENERGÍA MECÁNICA	12
2.2.3. GENERADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA	13
2.4. VOLTAJE INDUCIDO.....	14
2.2.5. TIPOS DE GENERADORES DE ENERGÍA (DÍNAMOS).....	14
2.2.6. RECTIFICADORES DE CORRIENTE ELÉCTRICA	17
2.2.7. CONVERTIDOR BOOST.....	20
2.2.8. SISTEMA DE CONTROL.....	21
2.2.9. TECNOLOGÍA GPS.....	22
CAPÍTULO III.....	25
3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.1. MARCO METODOLÓGICO	25

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	25
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	26
CAPÍTULO IV	33
4. EJECUCIÓN DE MODIFICACIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS.....	33
4.1. SELECCIÓN DE ELEMENTOS	33
4.2. SELECCIÓN DE PACIENTE.....	33
4.3. SELECCIÓN DE SILLA DE RUEDAS.....	33
4.4. SELECCIÓN DE GENERADOR DE ENERGÍA	33
4.5. SELECCIÓN DE CONTROLADOR.	34
4.6. SELECCIÓN SISTEMAS DE RASTREO.....	36
4.7. DISEÑO MECÁNICO DE ACOPLE DE EJE.....	37
4.8. INSTALACIÓN EN LA SILLA DE RUEDAS DE PARTES MECÁNICAS	46
4.9. DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL	48
4.10. MONTAJE DE ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL	49
CAPÍTULO V	53
5. Análisis y presentación de resultado	53
5.1. Pruebas.....	53
5.2. Presentación de resultados.....	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA.	67
• Comodato de convento para discapacitados. Recuperado de	69
ANEXOS.....	71
ANEXO I. Formato de encuesta aplicada.	71
ANEXO II. Resultados de la encuesta	74
ANEXO III. Datasheet Arduino nano	76
ANEXO IV. Programa del sistema de control en Arduino.....	77
ANEXO V. Diseño de placa	81
ANEXO VI. Planos del apoya brazos de la silla.	83
ANEXO VII. Manual del gps traker TK102B.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2. 1 ESQUEMA DE FUERZAS	8
FIGURA 2. 2 FUERZA DE ROZAMIENTO	9
FIGURA 2. 3 VARIACIÓN DE VELOCIDAD	10
FIGURA 2. 4 TRABAJO FINAL	11
FIGURA 2. 5 CONVERSIÓN DE ENERGÍA MECÁNICA EN ELÉCTRICA	14
FIGURA 2. 6 DINAMO TIPO BOTELLA.....	15
FIGURA 2. 7 DINAMO DE BUJE	16
FIGURA 2. 8 DINAMO DE RADIO	16
FIGURA 2. 9 CORRIENTE ALTERNA	17
FIGURA 2. 10 CORRIENTE CONTINUA.....	17
FIGURA 2. 11 RECTIFICADOR DE MEDIA HONDA	18
FIGURA 2. 12 PUENTE DE DIODOS	18
FIGURA 2. 13. ONDA FILTRADA	19
FIGURA 2. 14 REGULADOR LINEAL DE 5 VOLTIOS	20
FIGURA 2. 15 ESQUEMA CONVERTOR BOOST	20
FIGURA 2. 16 CICLO ÚTIL	21
FIGURA 3. 1 CICLO PHVA.....	26
FIGURA 4. 1 DINAMO HUB.....	37
FIGURA 4. 2 TERCERA RUEDA	38
FIGURA 4. 3 EXTENSIÓN DEL EJE	38
FIGURA 4. 4 ESQUEMA DE MANZANA DE SILLA DE RUEDAS.	39
FIGURA 4. 5. MANZANA DE SILLA DE RUEDAS	39
FIGURA 4. 6 MANZANA DE SILLA DE RUEDAS	40
FIGURA 4. 7 MANZANA CON PASADOR.....	40
FIGURA 4. 8 MANZANA CON PASADOR INSTALADA A LA ESTRUCTURA DE LA SILLA DE RUEDAS.....	40
FIGURA 4. 9 DINAMO SHIMANO HUMB	41
FIGURA 4. 10 ACOPLÉ PARA EL GENERADOR DE ENERGÍA.....	41
FIGURA 4. 11 ACOPLÉ CON EL DINAMO DE MANZANA.....	42
FIGURA 4. 12 ESQUEMA DISPOSICIÓN FINAL DEL ACOPLÉ.	42
FIGURA 4. 13 VISTA INTERNA DEL ACOPLÉ CON EL EJE.	43

FIGURA 4. 14. DISPOSICIÓN DE FUERZAS EN EL EJE	43
FIGURA 4. 15 ANÁLISIS F1 VS FACTOR DE SEGURIDAD.	46
FIGURA 4. 16 EXTENSIÓN DE EJE DE LA SILLA DE RUEDAS	47
FIGURA 4. 17 INSTALACIÓN DE LA LLANTA EN LA SILLA DE RUEDAS.....	48
FIGURA 4. 18. PRUEBAS DE EFICIENCIA DE EXTENSIÓN DE EJE.	48
FIGURA 4. 19 ESQUEMA ELÉCTRICO	49
FIGURA 4. 20 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL EN LA PLACA DE PRUEBAS	50
FIGURA 4. 21 PLACA FINAL.....	50
FIGURA 4. 22BASE DEL APOYA BRAZOS.....	51
FIGURA 4. 23 TAPA SUPERIOR DEL APOYA BRAZOS.	51
FIGURA 4. 24 TAPA DE CONTROL DEL APOYA BRAZOS.....	51
FIGURA 4. 25 APOYA BRAZO DE LA SILLA DE RUEDAS CON EL SISTEMA DE CONTROL.	52
FIGURA 5. 1 PROGRAMA ACELERÓMETRO.....	54
FIGURA 5. 2 ACTIVACIÓN DE ALARMAS.....	55
FIGURA 5. 3 PARÁMETROS FINALES.....	55
FIGURA 5. 4 CONFIGURACIÓN DEL GPS Y EL TELÉFONO DEL FAMILIAR	56
FIGURA 5. 5 RESULTADOS DEL SISTEMA DE CONTROL	58
FIGURA 5. 6 MUESTRA DE UBICACIÓN CON GPS.....	59
FIGURA 5. 7 DATOS GPS.....	59
FIGURA 5. 8 ESQUEMA DEL SISTEMA DE CONTROL.	63

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2. 1 CAUSAS DE LESIONES QUE PRODUCEN PARAPLEJIA	6
TABLA 2. 2 ANÁLISIS DE MICRO CONTROLADOR	22
TABLA 3. 1 PROBLEMAS CON MAYOR FRECUENCIA DE PERSONAS EN SILLAS DE RUELAS.....	28
TABLA 3. 2 SOLUCIONES A PROBLEMAS LOGÍSTICOS Y MECÁNICOS DE PERSONAS EN SILLAS DE RUELAS	29
TABLA 4. 1 SELECCIÓN DE GENERADOR DE ENERGÍA.....	34
TABLA 4. 2. SELECCIÓN DE CONTROLADOR	35
TABLA 4. 3 SELECCIÓN GPS.....	36
TABLA 4. 4 ANÁLISIS F1 VS FACTOR DE SEGURIDAD.....	46
TABLA 5. 1 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL GENERADOR DE ENERGÍA.....	57
TABLA 5. 2 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL GENERADOR DE ENERGÍA Y FUENTE ELEVADORA.....	57

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 2. 1 TRABAJO MECÁNICO	8
ECUACIÓN 2. 2 TRABAJO MECÁNICO CON VARIACIÓN DE POSICIÓN	9
ECUACIÓN 2. 3 FUERZA DE ROZAMIENTO	9
ECUACIÓN 2. 4 ENERGÍA CINÉTICA	10
ECUACIÓN 2. 5 TRABAJO EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD	10
ECUACIÓN 2. 6 TRABAJO FINAL.....	11
ECUACIÓN 2. 7 CONSERVACIÓN DE ENERGÍA	13
ECUACIÓN 2. 8 POTENCIA EN FUNCIÓN DEL TRABAJO MECÁNICO.....	13

CAPITULO I

1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

Considerando que el Gobierno Provincial de Imbabura, se encuentran en desarrollando de campañas continuas de inclusión y ayuda a personas con discapacidad, la Universidad Técnica del Norte por medio de esta investigación está generando herramientas para cumplir con estas metas de inclusión, realizando modificaciones a las sillas de ruedas convencionales de tal manera que se optimice el trabajo que realizan al movilizarse y generando energía eléctrica, la cual alimentará una serie de sensores dispuestos en la misma, los cuales en caso de caída, desmayo, exceso de velocidad o robo, envía un mensaje de texto a un familiar responsable con la ubicación y la acción que generó el disparo del mensaje de emergencia, de tal manera que las personas beneficiadas con esta herramienta en su silla de ruedas pueda salir a la ciudad con mayor independencia y también mejor preocupación para sus familiares.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el Ecuador existen 397.233 personas que tienen alguna capacidad diferente, de las cuales 193.905 su discapacidad de clasifica como física. En la provincia de Imbabura se encuentran registrados 4.620 personas con discapacidad física específicamente motriz y de sus extremidades inferiores. **(CONADIS, Septiembre 2014).**

La seguridad ciudadana de las personas con capacidades diferentes es un derecho que el Gobierno intenta mejorar pero a pesar se sus esfuerzos la estadística expresa que: el 51% de la población ha sido víctima de un asalto o atraco de los cuales el 12.8% tienen alguna capacidad diferente, y ellos no cuentan con mayores prestaciones para garantizar su seguridad **(ECU 911, 2011)**

Se ha determinado que el turismo será un eje del cambio de la matriz productiva en el país, pero a pesar de los esfuerzos para mejorar este servicio aún existen accidentes, extravíos y hasta muertes de turistas.

Se plantea desarrollar el estudio y la ejecución del proyecto en el Cantón Cotacachi, que posee 40.036 habitantes en un área 1.725,7 Km², dentro del cual, en la Parroquia Cotacachi que se encuentra conformada por 29.726 personas, se han organizado y capacitado para ejecutar planes de Turismo Inclusivo, en este negocio trabajan 150 personas y dentro de este grupo existen 7 personas que desarrollan esta actividad económica en sus sillas de ruedas porque poseen paraplejía y cuadriplejía.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Construir un sistema de seguridad autónomo para sillas de ruedas con control centralizado y auto-generación de energía (Ecológico).

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Determinar cuáles son los mayores inconvenientes que se presentan en las personas que usan sillas de ruedas.
- Determinar soluciones a los principales problemas logísticos y mecánicos que se presentan en las sillas de ruedas.
- Diseñar el sistema de seguridad autónomo para sillas de ruedas con control centralizado y auto-generación de energía.
- Implementar el sistema de seguridad en la silla de ruedas.
- Probar el funcionamiento de sistema de seguridad.

1.4. JUSTIFICACIÓN.

En vista de que el Gobierno Ecuatoriano y el Gobierno Provincial de Imbabura se encuentran en una campaña continua de ayuda e inclusión para las personas con discapacidad, se plantea involucrarse en esta campaña por medio del desarrollo de las modificaciones a las sillas de ruedas convencionales.

De igual manera este proyecto mejorará las condiciones de vida, laborales, económicas y sociales de las personas con discapacidad (parapléjico) que usan sillas de ruedas como medio de transporte, mediante la optimización de su esfuerzo diario al movilizarse.

Principalmente se espera mejorar la Seguridad Ciudadana de las personas con paraplejia, por medio de la incorporación de un sistema de rastreo satelital GPS con la tecnología 3GS conectado a familiares responsables y posteriormente con el 911.

1.5. ALCANCE Y LIMITACIONES.

Por medio del presente proyecto se plantea desarrollar una modificación a las sillas de ruedas convencionales de tal manera que se pueda brindar ayuda y soporte técnico en los principales problemas reportados a lo largo de la investigación. Esta serie de modificaciones también deben ser de bajo costo para que pueda ser accesible a todo público.

Entonces si se toma en cuenta la conversión de energía mecánica a energía eléctrica usando un Shimano Hub Dynamo DH-3R35-A que genera 6V-3W para esta energía poder ser suministrada a un banco de baterías y poder alimentar al sistema de control de la silla de ruedas, el cual en caso de ser accionada alguna de las alertas, se enviara un mensaje de texto (SMS) al número celular del familiar responsable y posteriormente al ECU911.

Las alarmas antes mencionadas se accionan a razón de un controlador, al cual llegaran las señales emitidas por un acelerómetro que encarga de mostrar el ángulo de inclinación en que se encuentra la silla, de modo que el sistema pueda saber si la persona en la silla de ruedas se cayó; considerando que el voltaje que se genere será directamente proporcional a la velocidad con que se mueva la silla, el sistema podrá conocer este dato y en caso de la velocidad sea mayor a la que normalmente se mueve, de igual manera se activará la alarma; si este mismo voltaje es cero, quiere decir que la persona esta quieta, pero para saber que se encuentra consiente cada 5 minutos sonará una sirena pequeña, la cual la persona debe reiniciarla con un botón y si esta no es reiniciada por 3 veces consecutivas podría ser que la persona se desmayó y salta la alarma; y también dispondrá de un modo manual, o sea un botón de pánico que la persona podrá dar uso de este cuando lo considere necesario.

Por medio de esos dispositivos se pretende brindar un poco de independencia y mejorar su Seguridad Ciudadana ya que la silla contará con un módulo GPS por medio del cual sus familiares podrán saber su ubicación y en caso de se encuentre el alguna situación de riesgo (atracó, accidente) puedan informar por medio de botón de pánico o si fuera el caso si se caen de su silla o se desmayan de igual forma el sistema de control informará automáticamente al familiar responsable, por lo que la capacitación a este familiar es fundamental en el proceso.

CAPÍTULO II

2. REFERENCIA TEÓRICO

2.1. HISTORIA DE LA DISCAPACIDAD EN EL ECUADOR

A nivel político, social y familiar en el Ecuador tener a una persona con discapacidad se ha presentado como un problema, debido a la baja cobertura y deficiente calidad de cuidados médicos y afectivos, por lo que, algunas empresas privadas y públicas en la actualidad se encuentran presentando planes y programas para ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad y de sus familias. Este tipo de ayuda se viene presentando desde hace aproximadamente medio siglo, principalmente por organizaciones de los mismos padres de familia solicitando ayuda a las empresas privadas y ellos lo hacían en forma de caridad y beneficencia.

Entre las décadas del 40 y 60 el Estado Ecuatoriano se hace presente ayudando a las personas con discapacidad por medio del Ministerio de Educación, permitiendo que puedan acceder a una educación digna si sus capacidades lo permitían. Fue el Dr. Emiliano Crespo, quien en la década de los años 50, creo el SERLI (Sociedad Ecuatoriana Pro Rehabilitación de Lisiados) en la ciudad de Guayaquil, lo cual marco un precedente para que el resto del país genere métodos de ayuda a las personas con discapacidad.

Ya en la década de los 70 y gracias a los beneficios económicos del boom petrolero se crean varias fundaciones estatales que brindan ayuda en educación, salud y bienestar social para las personas con discapacidad. Entre ellos estaba el CONAREP (Concejo Nacional de Rehabilitación Profesional), que se encargaba de preparar en insertar laboralmente a este grupo de personas, este consejo no duro mucho tiempo. En el ámbito educativo en el año 1977 se expidió la Ley General de Educación en la cual se indica, "Que la educación especial es responsabilidad del Estado", consecuencia de esto en 1979 se creó la Unidad de Educación Especial.

Otro hito importante fue la expedición de la "Ley de Protección al Minusválido", creada por la Dirección Nacional de Rehabilitación Integral del Minusválido (DINARIM), por medio de esta ley desaparece el CONAREP y se garantiza la prevención y atención médica a personas con discapacidad por medio del Ministerio de Bienestar Social, a esto se suman algunas empresa privadas como el INNFA quien creo algunos centros educativos y otras ONGS como: ASENIR, FASINARM, SERLI, FENDACIÓN GENERAL ECUATORIANA, ADINEA, FUNDACIÓN

HERMANO MIGUEL, CEBYCAM, FUNAPACE, OLIMPIADAS ESPECIALES, entre otras. (Quito, 2013)

El manejo de recursos tanto económicos como humanos fue desordenado y mal utilizado por lo que en el año 1993 se crea el Conejo Nacional de Discapacidad el cual genero el Plan Nacional de Discapacidad y la Ley de Discapacidades la cual estuvo en vigencia hasta el periodo Presidencial de Rafael Correa quien con la ayuda del Vicepresidente Lenin Moreno crearon la Secretaria Técnica de Discapacidades quienes brindan gran ayuda económica, social, laboral, etc. De tal manera que en el Ecuador se ha logrado grandes victorias para las personas con discapacidades de tal manera que pasaron obtener pobres beneficios expresados en forma de caridad y beneficencia, a tener planes de inclusión e inserción laboral, autonomía personal e incluso generar políticas que corresponde exclusivamente a este sector categorizado como vulnerable que es lo que disponen en la actualidad. (Quito, 2013)

2.2. ANTECEDENTES.

A lo largo de la historia, las personas han tenido accidentes, los cuales en su mayoría no han sido fatales, pero en su defecto han dejado lesiones que se evidencian de manera permanente o temporal. En este trabajo de grado se trabajará con este grupo vulnerable, que presenta una condición de discapacidad motriz en extremidades inferiores que, por motivo de la misma condición deben usar una silla de ruedas como medio de transporte que adquirieron esta condición por las razones que se indica en la tabla 2.1.

Causa de lesión	% de frecuencia
Accidentes de tránsito	46
Caídas	18
Actos violentos	17
Deporte	13
Entre otros	6

Tabla 2. 1 Causas de lesiones que producen paraplejia

Fuente: (Rios Carrera, 2005)

De estos casos, aproximadamente el 44% resulta en paraplejia (Farris & Quintero, 2011), cuyo mayor impedimento es la pérdida del movimiento de los miembros. Adicional a esto, surgen consecuencias significativas en la salud, como la pérdida del mineral del hueso, problemas cutáneos frecuentes e infecciones en el tracto urinario (Phillips, Ozer, Axelson, & Fonseca,

1987). Uno de los métodos más comunes de movilidad para las personas paraplégicas es la silla de ruedas, pero presentan dificultades al desplazarse por superficies irregulares (Onen, Botsali, Kalyoncu, Tinkir, & Yilmaz, 2013). Incluso con los avances en las sillas eléctricas, la movilidad sigue estando limitada a terreno liso, excluyendo zonas al aire libre (Neuhaus, Noorden, Craig, Torres, & Kirschbaum, 2011), afectando considerablemente la parte psicológica y social del usuario. Sumado a lo anterior, el cuidado de estos pacientes depende continuamente de terceros. De los cuales en el Ecuador existen 193.905 personas que presenta casos de paraplejia y en la provincia de Imbabura se encuentran 4.620 personas con esta condición. (CONADIS, Agenda Nacional para igualdad en discapacidades, 2013).

La necesidad de tener mayor movilidad e independencia es evidente especialmente en las personas que tienen una discapacidad adquirida, ya que estas personas tenían un ritmo de vida, en el cual se movían hacia donde ellos querían sin la necesidad de que alguien sea su acompañante. Y no es solo esa su principal necesidad, para poder tener una vida digna, ellos también necesitan: atención médica continua, viviendas con modificaciones arquitectónicas, ofertas laborales, terapias físicas y psicológicas, mejor manejo de su seguridad en caso de pretender movilizarse solos, etc. Ventajosamente hoy en día este grupo vulnerable cuenta con el apoyo de la fundación Manuela Espejo a través de la SETEDIS, quien busca cubrir estas necesidades especiales antes mencionadas. (CONADIS, NORMAS JURIDICAS DE DISCAPACIDAD ECUADOR, 2014).

A razón de que la carrera de Ingeniería Mecatrónica desarrolla procesos de automatización y sistemas de control capaces de controlar más de una variables al mismo tiempo, se pensó, el desarrollo e implementación de un sistema de seguridad para sillas de ruedas, buscando mejorar las condiciones de seguridad ciudadana e independencia de las personas que usan silla de ruedas, este sistema de seguridad también es autónomo y autosustentable, de tal manera que se genera energía eléctrica a través del aprovechamiento de su esfuerzo realizado para mover su silla, con esto se alimenta a un banco de baterías que permitan tener energía estable y regulada para el sistema de control, el cual por medio de sensores alertará con un SMS al familiar responsable la ubicación de la persona en la silla de ruedas en caso de:

- Caída.
- Exceso de velocidad.
- Descomposición corporal (Desmayo o pérdida de conocimiento).
- Fallas mecánicas de la silla.

- Botón de pánico.

2.3 MARCO TEÓRICO.

2.2.1. TRABAJO MECÁNICO

El trabajo que realiza la persona que usa la silla de ruedas es el necesario para generar la energía eléctrica suficiente para alimentar todos los elementos que intervienen en el sistema de control de la silla.

Por lo tanto, se inició con el concepto, desde el punto de vista físico del trabajo, que nos dice: *“El trabajar es cualquier acción que supone un esfuerzo”* (Beichner, 2002). Entonces se considera como trabajo al movimiento de la silla de ruedas, se tiene que la acción es el movimiento de la silla y el esfuerzo lo realiza la persona en la misma. Queda claro que la consecuencia final de este trabajo es el desplazamiento de una persona de un lugar a otro por medio de su silla.

El trabajo (W) se ve expresado en Joule (N.m) y está compuesto por la fuerza (F) multiplicado por la variación del desplazamiento (Δr):

Ecuación 2. 1 Trabajo mecánico

$$W = F \times \Delta r$$

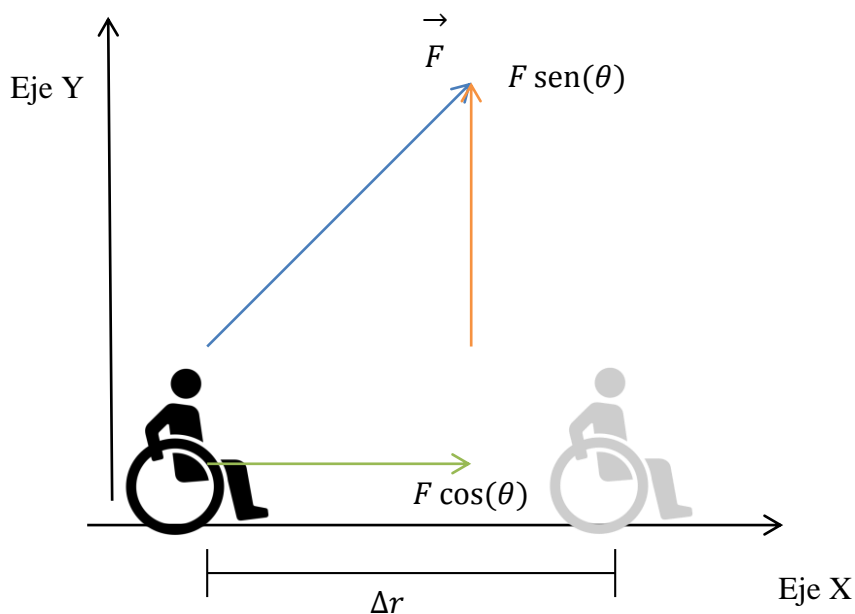


Figura 2. 1 Esquema de fuerzas

Analizando la figura 2.1 es claro que la fuerza aplicada para generar el desplazamiento, se aplica tanto en el eje X y Y, por lo tanto es necesario descomponer la fuerza para determinar el trabajo necesario.

Ecuación 2. 2 Trabajo mecánico con variación de posición

$$W = (F \cdot \cos \theta) \times \Delta r$$

Conociendo que, en todo movimiento que exista contacto entre dos superficies se genera una fuerza de rozamiento que se opone al mismo. Se conoce que el factor de rozamiento entre una llanta de bicicleta BMX y el suelo es de 0.0055 (Gordon, 2004), se considera ese factor ya que las llantas de la silla de ruedas están modificadas y usan de este tipo de ruedas ya que son usadas para turismo comunitario. Si bien es cierto con este factor de rozamiento, la fuerza de rozamiento va a ser baja pero es necesario considerarla como se muestra en la figura 2.2, ya que este conjunto de fuerzas dan lugar al trabajo invertido.

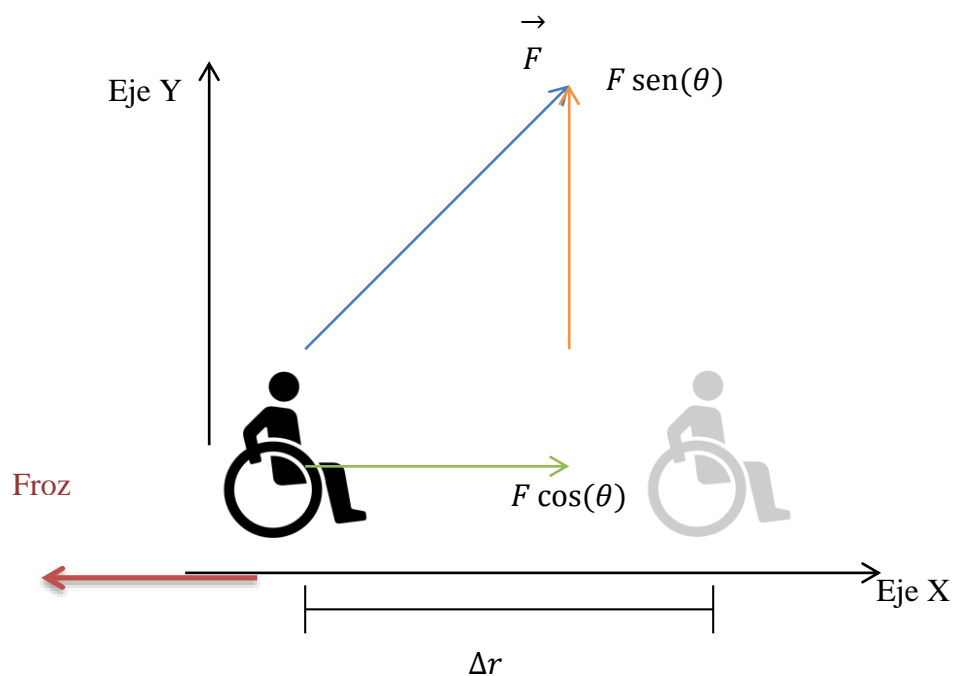


Figura 2. 2 Fuerza de rozamiento

Ecuación 2. 3 Fuerza de rozamiento

$$W = [(F \cdot \cos \theta) - froz] \times \Delta r$$

Entonces como ya se ha incluido todas las variables que intervienen en el trabajo, ahora se tomara en cuenta otra forma de ver el trabajo, esta vez será a partir del concepto de la energía cinética: “es una expresión del hecho de que un objeto en movimiento, puede realizar un trabajo sobre cualquier cosa que golpee; cuantifica la cantidad de trabajo que el objeto podría realizar como resultado de su movimiento”. Y de define con la siguiente formula:

Ecuación 2. 4 Energía cinética

$$EC = \frac{1}{2} mv^2$$

Donde debemos tomar a la silla de ruedas más la persona sobre ella como una sola masa que es lo que representa la m en la ecuación y la velocidad necesaria para desplazarse de un punto al otro. Pero como decimos trasladarnos de un punto a otro entonces, debemos considerar una velocidad inicial y una final con la que se desarrollara el movimiento. A esto se conoce como trabajo neto y por lo tanto la ecuación nos queda de la siguiente manera:

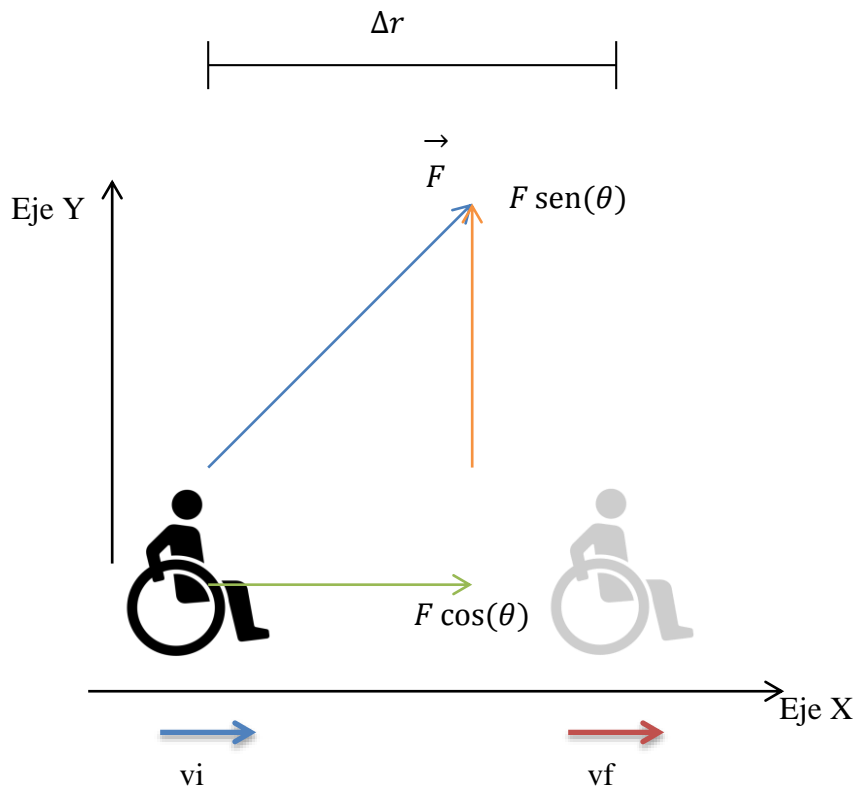


Figura 2. 3 Variación de velocidad

Ecuación 2. 5 Trabajo en función de la velocidad

$$W_{neto} = \frac{1}{2} mv_f^2 - \frac{1}{2} mv_i^2$$

A esta ecuación se la conoce como **Teoría trabajo – energía cinética**, que nos dice: “*Cuando se consume trabajo en un sistema, y el único cambio en el sistema es en su rapidez, el trabajo neto consumido en el sistema es igual al cambio en energía cinética del sistema*”.

Entonces se mostrará la forma de obtener el trabajo final, que se encuentre expresada como la sumatoria de energías cinéticas y energía potencial que intervienen en el sistema de estudio. Entonces si incluimos todos los elementos físicos que intervienen en el cálculo del trabajo mecánico, queda de la siguiente manera como se muestra en figura 2.4.

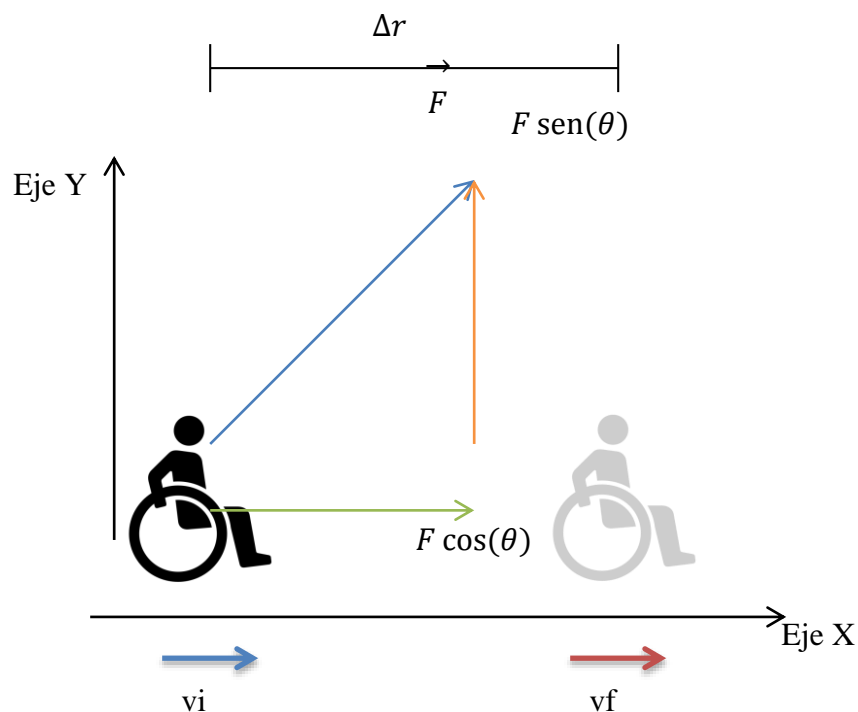


Figura 2. 4 Trabajo final

Ecuación 2. 6 Trabajo final

$$W_{final} = \sum EC + EPG$$

$$W_{final} = \left(\frac{1}{2} mv_f^2 - \frac{1}{2} mvi^2 \right) + mgh$$

Pero como $h=0$:

$$W_{final} = \left(\frac{1}{2} mv_f^2 - \frac{1}{2} mvi^2 \right)$$

2.2.2. CONSERVACIÓN DE ENERGÍA MECÁNICA

Se va a citar a los sistemas de energía no aislados, que se hacen referencia cuando la energía cruza la frontera del sistema durante un intervalo de tiempo por la intervención del medio ambiente. Por ejemplo cuando calentamos agua, en un momento tenemos agua fría que por medio del calor, es necesario considerar que el calor no es una forma de energía sino es un método de transferencia de energía (catalizador), entonces por medio de este se cruza las fronteras de la energía y se calienta el agua.

Entonces, se tiene que, el trabajo va a ser el método de para transferir energía al sistema, ya que si se aplica una fuerza al mismo, esto causa el desplazamiento que se necesita en la silla de ruedas.

Existen métodos diferentes del trabajo para transferir energía que son las ondas mecánicas, el calor, transferencia de materia y radiación electromagnética que solo las citaremos ya que no intervienen en este trabajo de grado pero la transmisión de electrones si interviene directamente por que hace posible la transferencia de energía por medio de la corriente eléctrica, que no es más que el paso de los electrones por medio de un conductor eléctrico.

Si se toma en cuenta el principio físico de conservación de energía que nos dice: *“La energía no se puede crear ni destruir; se puede transformar de una forma a otra distinta”*. Podemos decir que: si la cantidad total de energía en un sistema cambia, sólo es porque la energía cruzó la frontera del sistema mediante un mecanismo de transferencia, como se mencionó anteriormente. Este principio también tiene una explicación matemática que se encuentra expresado con la siguiente ecuación:

$$\Delta E_{sistema} = \sum T$$

Donde se tiene que $\Delta E_{sistema}$ es la energía total del sistema, por lo tanto se debe tomar en cuenta la energía cinética, potencial e interna que intervienen en el sistema y T es la cantidad de energía transferida a través de la frontera del sistema por medio de un mecanismo, que en

este caso será en trabajo (W) como ya se explicó anteriormente. Entonces para estos sistemas, queda la siguiente expresión:

Ecuación 2. 7 *Conservación de energía*

$$\Delta EC + \Delta EPG + \Delta E_{int} = W$$

Fuente: (Beichner, 2002)

En otros casos no puntuales se puede tener más mecanismo de transferencia de energía como el calor y los demás antes mencionados.

Ahora que ya se tiene todos los conceptos asociados en una sola ecuación, se va a mentalizar la silla de ruedas desplazándose de un lugar a otro, pero si consideramos que la distancia que se desplaza es directamente proporcional al tiempo que se tarda en dicho desplazamiento y el trabajo empleado también puede variar en este intervalo de tiempo. Entonces a la relación con el tiempo de transferencia de energía se conoce como potencia instantánea (P), que se expresa de la siguiente manera:

$$P = \frac{dE}{dt}$$

Si se toma en cuenta al trabajo como mecanismo de transferencia de energía y un intervalo de tiempo determinado se puede calcular la potencia promedio de la siguiente manera:

Ecuación 2. 8 *Potencia en función del trabajo mecánico*

$$P_{prom} = \frac{W}{\Delta t}$$

Fuente: (Beichner, 2002)

Expresado en Watts (W).

2.2.3. GENERADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Los generadores de energía eléctrica, que son máquinas eléctricas rotativas, que transforma energía mecánica por medio del trabajo mecánico en energía eléctrica. (Educa, 2013)

Una maquina rotativa, recibe este nombre ya que tiene dos partes principales que son: estator, es la parte fija del generador, mecánicamente no se mueve pero si magnéticamente ya que está formado por chapas o láminas metálicas (a esto se conoce como paquete), y sobre estas se encuentra en inducido que son bobinas generalmente hechas de alambre de cobre de diferente grosor según la corriente que fluya por las mismas. La otra parte es el rotor, que es móvil y se encuentra en el centro del estator, es un eje metálico que hace la acción de inductor para que se genere el campo magnético. En la figura 2.4 se muestra la estructura interna de un generador de energía eléctrica.

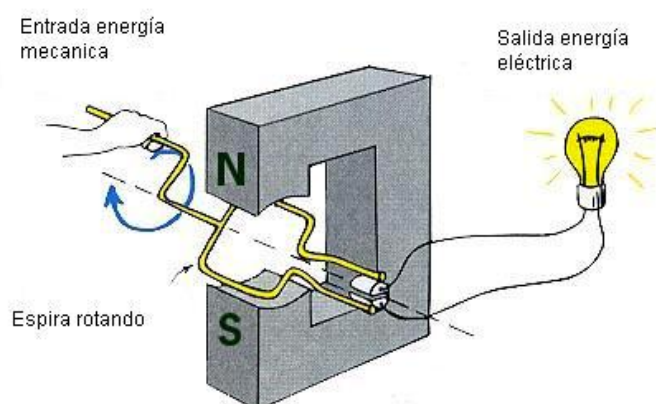


Figura 2. 5 Conversión de energía mecánica en eléctrica

Autor: (Afinidad, 2007)

Entonces, se plantea utilizar este principio de generación eléctrica pero con el trabajo mecánico ejercido por una persona en silla de ruedas. Es necesario acoplar el generador en el centro de la llanta, entonces el rotor será en eje de la misma y el estator el resto de la manzana y con la ayuda de los radios el trabajo mecánico empleado se disminuye.

.2.4. VOLTAJE INDUCIDO.

La Ley de Faraday dice: “Cualquier cambio del entorno magnético en que se encuentra una bobina de cable, originará un voltaje”, (Thotty, 2013) por lo se tiene un sistema de movimiento en el cual el eje es estático y las bobinas se encuentran la manzana de la llanta y por lo tanto esto forma la parte móvil del sistema.

2.2.5. TIPOS DE GENERADORES DE ENERGÍA (DÍNAMOS)

Partiendo de que un dínamo es generador de energía que convierte la energía mecánica en energía eléctrica por medio de inducción electromagnética, generando así corriente alterna.

Esta tecnología puede ser aplicada desde una bicicleta hasta una central hidroeléctrica, obviamente depende mucho su tamaño y con esto su capacidad de generación de energía eléctrica. Ahora se reutilizar los dinamos de bicicleta ya que la cantidad de voltaje que se necesita es de 5 voltios y este tipo de dínamos genera hasta 12 voltios en corriente alterna.

Por lo tanto se acoplará un dinamo de bicicleta a la silla de ruedas, por lo tanto se ha determinado estudiar tres tipos de dimamos para seleccionar el adecuado. Entre los cuales disponemos:

2.2.5.1. Dinamo convencional (Tipo botella o flanco)

El dínamo convencional o de botella en las bicicletas fue aplicado por Richard Weber en el año 1887 pero fue comercializado hasta el año 1908 por la firma berlinesa Berko (Atom, 2014), y su única utilidad era generar energía para encender focos incandescentes colocados en sus bicicletas para iluminar su camino y evitar accidentes con automóviles.

Este tipo de generadores producen energía a partir del rozamiento entre el neumático y la parte móvil del mismo. Son los más comunes en el mercado ya que son de bajo costo pero presentan muchas pérdidas ya que la superficie de contacto entre el dinamo y el neumático es de un diámetro reducido, por lo tanto se opone al movimiento y frena a la bicicleta. Este tipo de dinamos trabaja como se muestra en la figura 2.5.

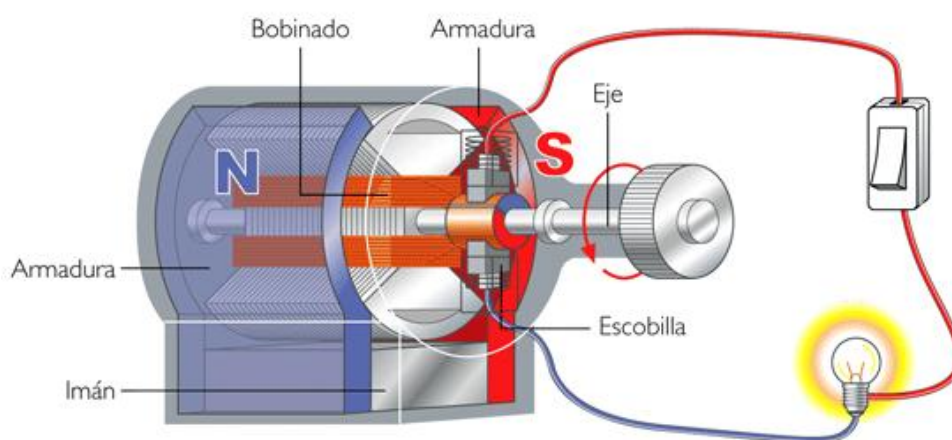


Figura 2. 6 Dinamo tipo botella

Fuente: (Bicimundo, 2013)

2.2.6. RECTIFICADORES DE CORRIENTE ELÉCTRICA

Los generadores antes mencionados producen corriente alterna, que es aquella en la que la polaridad de la intensidad cambia de positivo a negativo periódicamente generalmente formando una senoide como se muestra en la figura 2.9

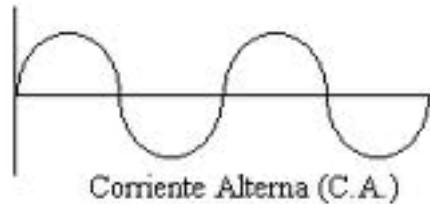


Figura 2. 9 Corriente alterna

Para el funcionamiento de las placas electrónicas, típicamente se necesita corriente continua, es aquella que generalmente encontramos almacenada en pilas y baterías, su polaridad se mantiene constante, por lo tanto el voltaje y la corriente también se mantienen como se puede ver en la figura 2.10.

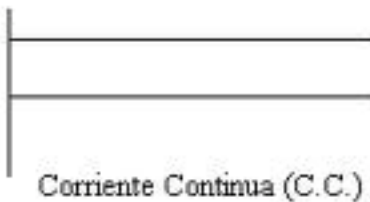


Figura 2. 10 Corriente continua

Necesitamos almacenar la energía producida, pero el generador entrega corriente alterna y para poder ser almacenada es necesario disponer de corriente continua. Entonces se debe utilizar un circuito rectificador de honda completa, que funciona con un puente de diodos, considerando que, un diodo es un elemento semiconductor de estado sólido, generalmente conformado de silicio o germanio y estos permiten que la corriente fluya en una dirección y lo impiden en sentido contrario. Si nos fijamos en la figura 2.9. se puede ver que la corriente alterna varia su polaridad (dirección) en función del tiempo, si colocamos un solo diodo se cortará los picos negativos de corriente ya que no se permite el paso de corriente de negativa, como se muestra en la figura 2.11. a esto se conoce como rectificador de media honda.

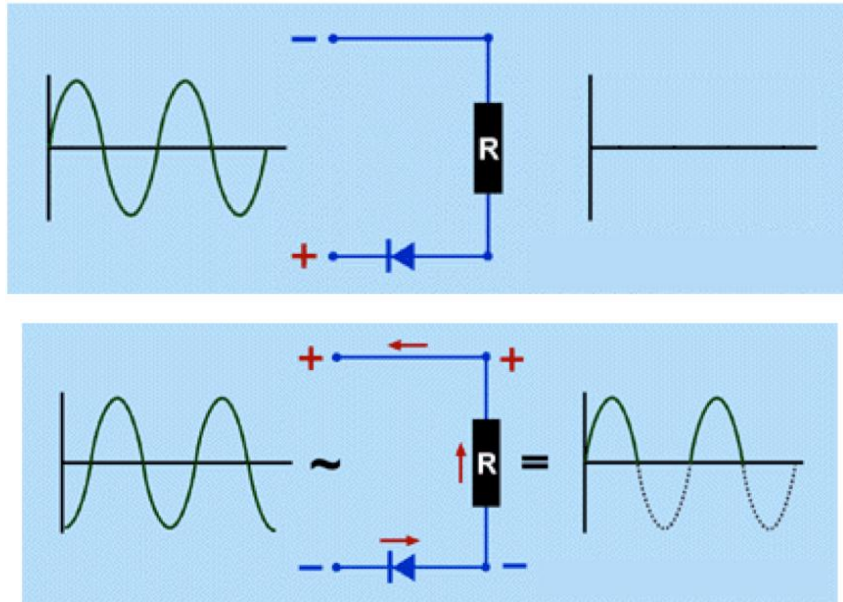


Figura 2. 11 Rectificador de media honda

Fuente: (Garcia, 2013)

Se necesita el circuito rectificador denominado puente de diodos, que está conformado por cuatro diodos dispuestos como se muestra en la figura 2.12. en el que si configuración es de cuatro diodos numerados y dispuestos en sentido contrario uno después del otro, pero en el mismo sentido los diodos uno y dos, así mismo los diodos tres y cuatro. Por lo tanto la corriente fluye por el diodo uno, por la carga y finalmente por el diodo dos para completar la primera mitad del circuito rectificador. De la misma forma actúa cuando atraviesa los diodos tres y cuatro.

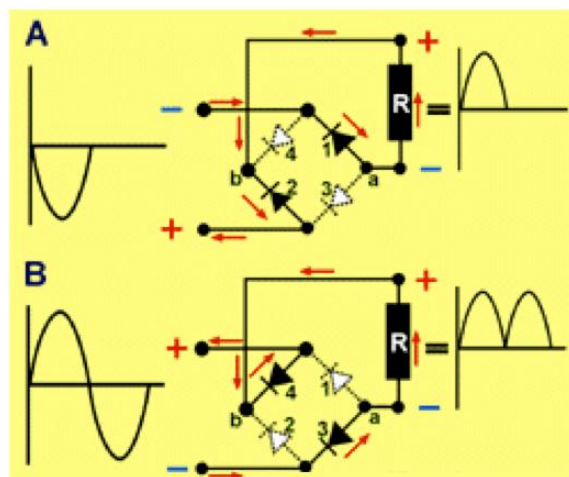


Figura 2. 12 Puente de diodos

Fuente: (Garcia, 2013)

Como se muestra en la figura 2.10 la corriente continua es relativamente lineal recta y hasta el momento se tiene hondas positivas que aún no son rectas, por lo tanto se necesita colocar filtros que no son más que condensadores electrolíticos, pero antes, es un tipo de condensador que usa líquido iónico como conductor como una de sus placas dentro de estas placas se almacena cantidades de energía que dependiendo de la distancia de separación de las placas es la cantidad de energía que se puede almacenar.

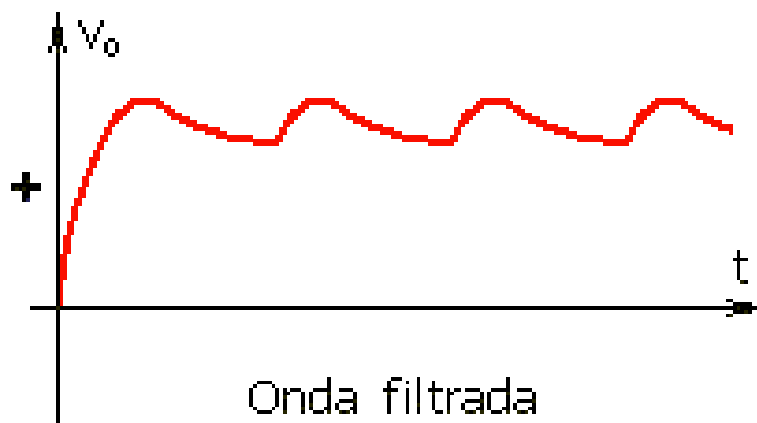


Figura 2. 13. Onda filtrada

Fuente: (Garcia, 2013)

Con este filtro podemos “alisar” la honda y su variación ya no será tan alta, como se mencionó anteriormente un condensador es como un vaso con un suministro contante de agua, una vez que se llena la cantidad de agua que se desborda del vaso es constante. De la misma forma es con la energía, por lo tanto, mientras va de una honda a otra la cantidad de energía no bajeara hasta cero, sino que, con la cantidad de energía almacenada en el filtro compensará y su valor será relativamente constante como en la figura 2.13.

Una vez obtenida, regulada y filtrada la energía eléctrica es necesario regular el voltaje, con un circuito LM 7805 que su función especifica es mantener un voltaje que podría oscilar entre 4.8 y 5.3 pero manteniéndose lo mas constante posible, ahora en la fuente la tendremos como se muestra en la figura 2.14.

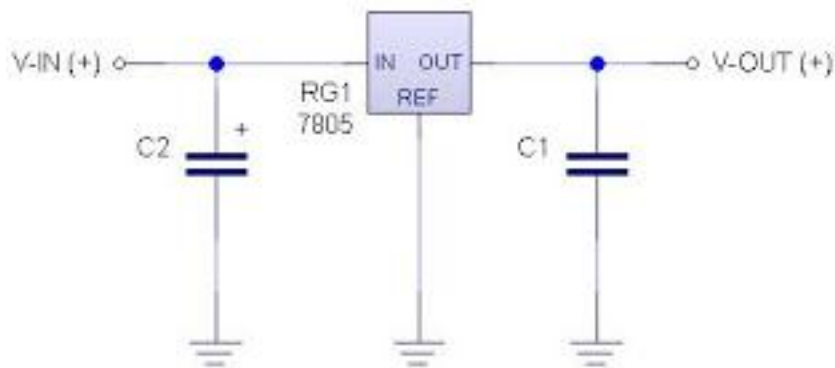


Figura 2. 14 Regulador lineal de 5 voltios

Ahora se puede almacenar la energía generada por la silla de ruedas en un banco de batería que estará formado por dos baterías, conectadas en paralelo para que el voltaje se mantenga y la corriente se duplique y se pueda trabajar mejor con el sistema de control.

2.2.7. CONVERTIDOR BOOST

Hasta el momento se ha indicado todos los principios físicos, eléctricos, electrónicos y mecánicos que se necesita para el funcionamiento de este proyecto de ayuda social, pero como se menciona son los principios y la teoría, a la practica la velocidad a la que se mueve una silla de ruedas no es nada constante por lo que le energía generada no podría abastecer al funcionamiento del sistema de control. Por lo que se necesita considerar el uso de una placa electrónica que eleve el voltaje y este sea el adecuado para le suministro de energía del sistema de control.

Un conversor BOOST es el elemento que hace falta para el correcto funcionamiento de la placa, este conversor por medio de acciones inductivas eleva el voltaje y reduce la corriente para mantener estables estos parámetros, como se muestra en la figura 2.15 y 2.16.

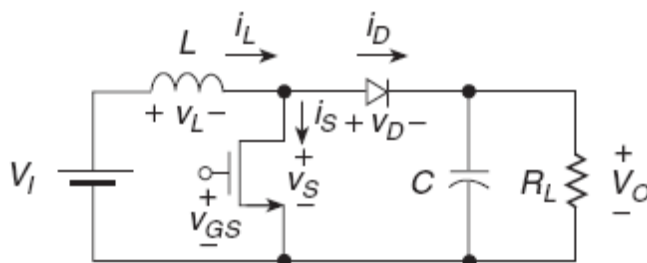


Figura 2. 15 Esquema conversor boost

Fuente: (Homan, 2003)

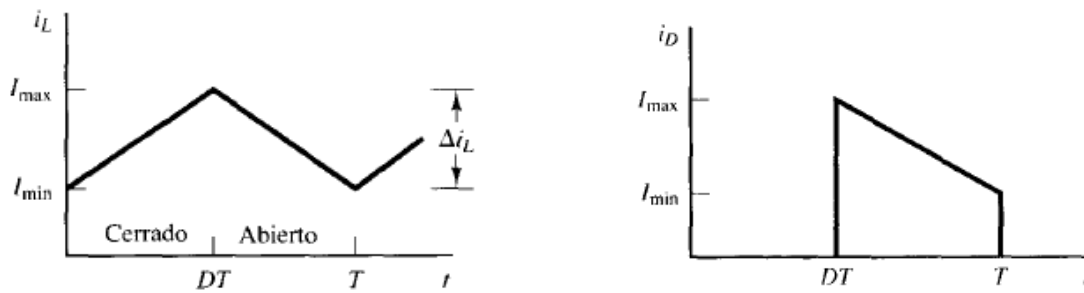


Figura 2. 16 Ciclo útil

Fuente: (Homan, 2003)

De tal manera que, de ser necesario el voltaje de salida va hacer el suficiente aunque la velocidad de la silla de ruedas sea inferior a la necesaria para generar el voltaje adecuado.

2.2.8. SISTEMA DE CONTROL.

Es necesario controlar algunos parámetros de la movilidad de la silla de ruedas, como son:

1. Un botón de pánico, si se acciona indicará que tiene un inconveniente.
2. Un acelerómetro, si cambia su posición bruscamente podría ser una caída.
3. Un dínamo, si presenta un sobre voltaje, lo cual indicará que el usuario está yendo demasiado rápido.
4. Una rutina en el programa que conste de un botón adicional y una alerta luminosa que se acciona si el controlador no recibe una señal de ingreso de energía, esto quiere decir que la persona ya no está en la silla.

Pero para poder controlar todos estos parámetros es necesario contar con un programa, donde estén controladas y parametrizar cada una de las variables que se mencionó anteriormente y de un hardware que sea capaz de accionar todo y que se de tamaño reducido para poder colocar todos los circuitos en un case de metal que estará en el apoya brazos de la silla de ruedas.

Entonces según la investigación se ha determinado usas como hardware controlador el arduino nano que posee las siguientes características:

Tabla 2. 2 Análisis de micro controlador

Fuente: (Arduino, 2015)

ARDUINO NANO	
CARACTERISTICA	DETALLE
Microcontroller	Atmel ATmega168 or ATmega328
Operating Voltage (logic level)	5 V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Dimensions	0.73" x 1.70"
Length	45 mm
Width	18 mm
Weight	5 g

2.2.9. TECNOLOGÍA GPS.

Sistema de posicionamiento global (GPS), es una técnica que nos permite medir las distancias entre el receptor y algunos satélites con posiciones definidas. Por lo tanto si consideramos que el receptor es el que va a estar en movimiento se puede calcular la posición en fusión de las distancias con los satélites que se encuentran fijos.

Para la selección del GPS que se va a colocar en la silla de ruedas es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Que sea de bajo costo ya que es una aplicación de ayuda social.

- Que sea de tamaño pequeño, de tal manera que entre en el case que va a colocar en el apoya brazos de la silla de ruedas.
- Que se puede visualizar su ubicación desde una plataforma libre como por ejemplo google maps.
- Su precisión debe oscilar con dos metros de diferencia.

Por lo tanto se ha determinado utilizar el GPS tracker tk-102 ya que cumple con todas características antes mencionadas.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. MARCO METODOLÓGICO

“La investigación científica es, en esencia, como cualquier tipo de investigación, sólo que más rigurosa, organizada y se lleva a cabo cuidadosamente” (Sampieri, et al., 2010). Procediendo con la investigación, se analizará a detalle cada uno de procesos que se desarrollaron para lograr que todo el sistema de control, sistema de generación de energía y sistema de almacenamiento de la misma funcione correctamente y se acoplen en cada uno de los escenarios donde deben actuar. Permitiendo así cumplir con todos los objetivos de la investigación previamente planteados, por lo tanto, estos son los que se analizará y detallará las actividades ejecutadas para cumplirlos. Sin antes mencionar que esta es una investigación de carácter específico y puntual orientado a las necesidades expuestas con antelación.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se conoce que los tipos de investigación en base a su grado de abstracción son dos, la investigación pura, que trata de mejorar los conocimientos teóricos y conceptuales. La otra investigación es la aplicada, que trata de solucionar problemas prácticos y que desde un punto de vista teórico, no aporta mayor conocimiento científico (I.U.T.A., 2010). Conociendo esto podemos determinar que la investigación en curso es de tipo “aplicada”, ya que se está solucionando un problema de la sociedad con la aplicación de conceptos y principios ya existente.

Para el desarrollo de esta investigación se usará la metodología del ciclo de Deming o también conocido como ciclo PHVA; el cual propone: Planificar, hacer, verificar y actuar como se observa en la Figura 3.1.



Figura 3. 1 Ciclo PHVA

Fuente: (Gestión Empresarial, 2013)

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Continuando con el proceso de detalle de la investigación, esta, se somete a una subdivisión para profundizar en el cumplimiento de los objetivos:

Previo al diseño y construcción del sistema de seguridad autónomo para sillas de ruedas con control centralizado y auto-generación de energía (ecológico), se participó de una capacitación dictada por el Ministerio de Relaciones Laborales que trató sobre “Habilidades blandas y derechos laborales”, el día 24 de junio del 2014. En dicha capacitación se trató el tema de la inclusión a las personas con discapacidad en el ámbito laboral y de las desventajas que estas personas presentan en el mismo. Como finalidad del taller se planteó el desarrollo del sistema de seguridad antes mencionado y se decidió aplicarlo a sillas de ruedas porque las personas que presentan esta discapacidad son las que mayor incidencia presentan en dicho ámbito en el Ecuador. Una vez considerada esta necesidad, se procedió con el cumplimiento de los objetivos planteados y que se detalla a continuación:

Objetivo I: Determinar cuáles son los mayores inconvenientes que presentan las personas que usan silla de ruedas

Actividad I: Considerando que la Secretaria Nacional de Discapacidad es el ente rector y controlador de las actividades y estadísticas existentes sobre las personas con discapacidad en el país, se revisó e investigó en primera instancia los datos que ellos tenían a su disposición. Esta investigación se realizó vía web, ya que es información pública y que se encuentra a libre disposición, de esto se pudo determinar que: el 7% de discapacidad en el país es producto de accidentes de tránsito, el 61% provocado por enfermedades sistémicas y 11% restante es por incidentes en hogares (CONADIS, Agenda Nacional para igualdad en discapacidades, 2013) (Hora, 2014).

Actividad II: Una vez determinada la cantidad y las causas de discapacidad en el país, nos trasladamos a un escenario local, donde se asistió a las oficinas de la SETEDIS en la ciudad de Ibarra, en esta ocasión se pudo entrevistar a la Lic. Inés Almeida, Directora de la SETEDIS en la Provincia de Imbabura, quien para ventaja de esta investigación, usa una sillas de ruedas ya que presenta una capacidad diferente, ella supo manifestar que no existe un documento oficial donde exprese los principales inconvenientes que presentan las personas que usan una silla de ruedas como medio de transporte, para lo cual se desarrolló una encuesta que se muestra en el Anexo I, a las personas de la Asociación de personas con discapacidad “Luchando por un Porvenir”, que es con quienes se trabajará en la implementación de la investigación, esta asociación cuenta con 23 personas que usan una silla de ruedas a quienes se aplicó la encuesta que se muestra en el Anexo I, el formato de la encuesta, de la cual se pudo determinar que de un grupo de 23 personas que usan silla de ruedas, de las cuales 21 han presentado algún accidente o incidente con sus sillas o con ellos mismos, del total de personas encuestadas 8 de ellas salen en la mayoría del tiempo sin compañía a realizar sus labores diarias, este va a ser nuestro grupo de trabajo, uno de ellos dispone de una silla eléctrica, quien no aplicaría ya que esta investigación está diseñada para sillas de ruedas convencionales. Entonces en base a estos datos, se puede disponer de 7 personas que cumplen con las condiciones y en base a las necesidades de quienes se va a diseñar el sistema de control.

Actividad III: Se continuó trabajando con el grupo de 23 personas y en base a las encuesta se determinó que 8 de 23 encuestados se habían enfrentado a una falla mecánica de su silla de ruedas, 8 personas más, a problemas físicos, 4 encuestados a atraco o robo y 2 a otros

inconvenientes. Entonces se procedió a conversar con cada uno de ellos y detallar cuales eran esos problemas a los que se enfrentaban. Considerando que, ellos desarrollan una actividad económica que es el turismo comunitario y se trasladan por lugares de superficies irregulares, entonces se determinaron tres tipos de fallas de las cuales se derivan otras como se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3. 1 Problemas con mayor frecuencia de personas en sillas de ruedas.

Falla general	Falla especifica
FALLA MECÁNICA	Perdida de tuercas y tornillos de la silla de ruedas
	Falla en llantas
	Falla en frenos
	Oxidación de sueldas de la estructura de la silla de ruedas
FALLA FÍSICAS	Dolor de manos
	Dolor de brazos
	Insolación
	Desmayo
	Caídas
FALLA LOGISTICAS	Choques
	Atracos o robos

Objetivo II: Determinar soluciones a los principales problemas logísticos y mecánicos que se presentan en las sillas de ruedas.

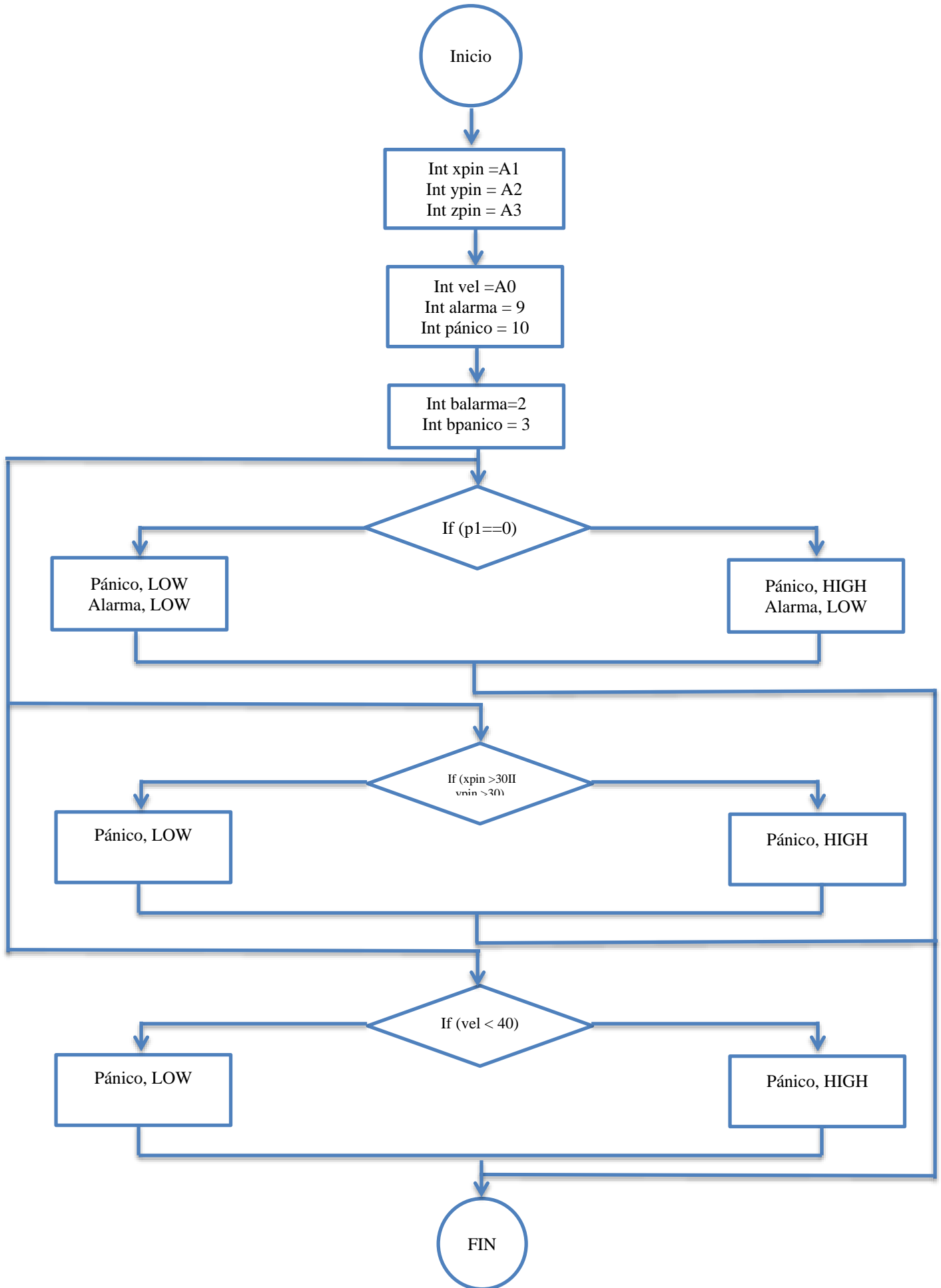
Actividad I: En función de los resultados obtenidos y mostrados en el primer objetivo, se determinó que la mayoría de personas se caen, desmayan, pierden el control en sus sillas y les chocan. Entonces se puede decir que es necesaria la implementación de una sistema de control que permita controlar los parámetros antes mencionados con sus respectivas soluciones expuestas en la tabla 3.2.

Tabla 3. 2 Soluciones a problemas logísticos y mecánicos de personas en sillas de ruedas

Problema	Solución
Caídas o choques	Colocar un acelerómetro que monitoree constantemente la inclinación de la silla y si la inclinación en el eje X o Y es menor a 30 grados se activa una alarma porque quiere decir que se cayó.
Desmayos	Como se dispone de un generador de energía, si el voltaje es cero, quiere decir que la silla esta quieta, pero para saber que se encuentra consiente, cada 5 minutos sonará una sirena pequeña, la cual la persona debe reiniciarla con un botón y si esta no es reiniciada por 3 veces consecutivas podría ser que la persona se desmayó o perdió la conciencia y se activa la alarma de forma continua.
Pérdida de control o velocidad de la silla	Considerando el mismo generador de voltaje y que ese voltaje que se genere será directamente proporcional a la velocidad con que se mueva la silla, el sistema podrá conocer este dato y en caso que la velocidad sea mayor a la que normalmente se mueve, de igual manera se activa la alarma.
Botón de Pánico (Modo manual)	Esto es en casos de necesidad en el cual el usuario de la silla se mantenga consiente y cerca de la silla, de tal manera que con presionar un botón se active la alarma.

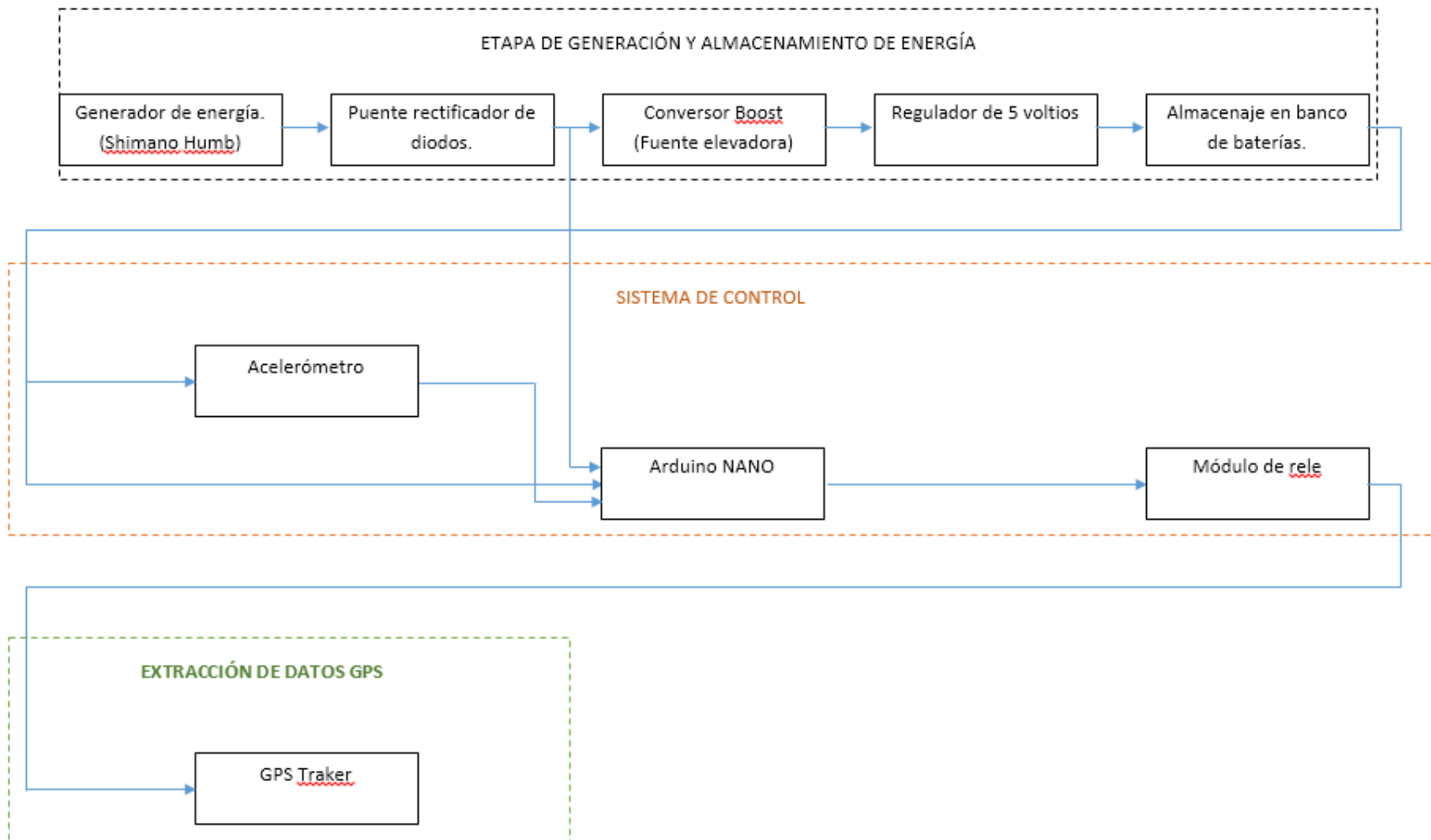
Objetivo III: Diseñar un sistema de seguridad autónomo para sillas de ruedas con control centralizado y autogeneración de energía.

Actividad I: Para mayor comprensión de la tabla 3.2, en la figura 3.1 se muestra un diagrama de flujo donde se encuentra de manera detalla cómo trabajan las alarmas en función de las variables



Objetivo IV: Implementar el sistema de seguridad en la silla de ruedas

Actividad I: En la fase de implementación fue necesario dividir y probar cada parte, entonces, la primera parte se colocó el generador de energía y se analizó el voltaje que generaba, y se determinó que el voltaje generado no era el óptimo para el funcionamiento del sistema. Entonces se solucionó el problema colocando un conversor boost o una fuente elevadora con lo ya se solucionó el problema de la generación de energía y como se muestra en la tabla 5.2 el voltaje ya supera el necesario. En la figura 3.3 se muestra las partes que intervienen para la generación, rectificación, elevación, regulación y almacenamiento de voltaje generado por el movimiento de la silla de ruedas.



CAPÍTULO IV

4. EJECUCIÓN DE MODIFICACIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS

4.1. SELECCIÓN DE ELEMENTOS

A continuación se exponen los criterios mediante los cuales se seleccionó cada una de los componentes de esta investigación, para lo cual ha intervenido investigación teórica y experimental.

4.2. SELECCIÓN DE PACIENTE

Se realizó una serie de pruebas e investigaciones en textos, documentos de internet, se mantuvo conversaciones con la Fundación “Manuela Espejo” y con las persona con discapacidad de la Fundación “Turismo sin fronteras” de la ciudad de Cotacachi. Y como resultado de esta investigación se determinó que: el sistema de seguridad debe ser aplicado a personas con discapacidad física adquirida y que goce de todas sus capacidades mentales.

4.3. SELECCIÓN DE SILLA DE RUEDAS

Este proyecto está orientado principalmente a personas con discapacidad adquirida y bajos recursos económicos, por lo que el sistema se puede aplicar a una silla de ruedas convencional ya que todo los sistemas de control, potencia y de generación de energía son de tamaño reducido y de forma modular para facilitar su instalación y transporte de los mismos. Este sistema de seguridad también se puede aplicar a una silla de ruedas eléctrica y se podría optimizar su funcionamiento ya que al contar con un generador de energía este podría actuar como el alternador en los automóviles, de tal manera que se amplíe el tiempo de uso de la batería de la silla y seguiría gozando de todos los demás beneficios del sistema.

4.4. SELECCIÓN DE GENERADOR DE ENERGÍA.

Una vez analizadas las clases, dimensiones, capacidad de generación de energía, eficiencia y disponibilidad en el mercado nacional Se desarrolló un trabajo teórico-comparativo de las tres clases de dinamos de bicicleta que se pueden adaptar a una silla de ruedas. Esta comparación de muestra en la tabla 4.1, ya que estos parámetros ya están establecidos y detallados en el referente teórico.

Tabla 4. 1 Selección de generador de energía

Tabla de selección de generadores de energía			
	Dinamo convencional (botella o flanco)	Dinamo de buje (hub internal generator)	Dinamo de radio (spoke dynamo)
Eficiencia	Baja	Alta	Media
Peso	Bajo	Alto	Bajo
Dimensiones	Medio	Medio	Medio
Adaptable a silla de ruedas	Alta	Alta	Alta
Disponible en el mercado	Alta	Media	Baja

Como se muestra en la tabla 4.1 el dinamo de radio es el primero en ser descartado ya que no se tiene disposición en el mercado, revisando el mismo parámetro de selección el siguiente generador que se consideró es el dinamo convencional que tiene gran disponibilidad en el mercado, pero baja eficiencia, ya que por el alto rozamiento que se genera entre el neumático y el generador, este uso de este generador se convierte en un problema que en una ventaja. Una vez analizados los dos generadores queda como ultima y mejor opción el dinamo de buje puesto que tiene alta eficiencia, se encuentra disponible en el mercado, su peso es cuatro veces mayor que el del dinamo convencional, pero al estar ubicado en el eje del neumático no presenta inconveniente en las personas con discapacidad. Una desventaja de este generador es la adaptación a la silla de ruedas, ya que está diseñado para la llanta delantera de una bicicleta por lo tanto dispone de dos apoyos y para la silla de ruedas se necesita un solo.

4.5. SELECCIÓN DE CONTROLADOR.

Considerando que todo el sistema de control debe estar en un espacio un poco mayor al del apoya brazos convencional, es necesario evaluar una placa que se adapte a dimensiones de 8 x 23 x 6 (cm), número de entradas y salidas tanto analógicas y digitales que cumplan con las siguientes acciones en el programa:

1. Un botón de pánico, si se acciona indicará que tiene un inconveniente.
2. Un acelerómetro, si cambia su posición bruscamente podría ser una caída.

3. Un dínamo, si presenta un sobre voltaje, lo cual indicará que el usuario está yendo demasiado rápido.
4. Una rutina en el programa que conste de un botón adicional y una alerta luminosa que se acciona si el controlador no recibe una señal de ingreso de energía, esto quiere decir que la persona ya no está en la silla.

Y que la alimentación sea de 5 voltios. Por lo tanto se ha considerado cuatro placas que cumplen con algunas de estas características y ya se exponen en la tabla 4.2. (Arduino, 2015)

Tabla 4. 2. Selección de controlador

SELECCIÓN DE CONTROLADOR				
Características	Arduino UNO	Arduino DUE	Arduino Nano	Raspberry Pi
Tipo de micro controlador	Atmega 328	AT91SAM3X8E	Atmega 328	ARM1176JZF-S
Velocidad de reloj	16 MHz	84 MHz	16 MHz	700 MHz
Pines digitales de E/S	14	54	14	2
Entradas analógicas	6	12	8	2
Salidas analógicas	0	2 (DAC)	0	2
Memoria de programa (Flash)	32 Kb	512 Kb	16 Kb	
Memoria de datos (SRAM)	2 Kb	96 KB	2 Kb	128 Mb (SDRAM)
Memoria auxiliar (EEPROM)	1 Kb	0 Kb	1 Kb	
Dimensiones (mm)	53 x 68	101.52 x 53.3	45 x 18	85.6 x 53.98

Desarrollando un análisis de las características de cada uno de los controladores de la tabla 4.2, se puede descartar algunas opciones si se considera el parámetro de las dimensiones, estas opciones descartadas con el Arduino UNO, Arduino DUE y el Raspberry Pi. Pero también hay que considerar que el Arduino DUE y el Raspberry Pi para el desarrollo de esta investigación estarían sobre utilizado, mientras que el Arduino UNO y el Arduino Nano disponen de características sencillas que resultan de fácil uso para esta aplicación en particular. Por lo tanto se considera óptimo el uso del Arduino NANO para el desarrollo del presente proyecto de ayuda social, ya que las dimensiones son las adecuadas y como se indica en las características del programa no es necesaria mayor cantidad de procesamiento de datos, de memoria ram,

memoria flash y también son pocas las entradas y salidas del controlador que se utiliza por lo tanto esta es la opción seleccionada.

4.6. SELECCIÓN SISTEMAS DE RASTREO.

El sistema debe contar con una metodología de localización para las personas en silla de ruedas como parte fundamental de su funcionamiento para que en caso de que tengan algún incidente o accidente de índole mecánica o física el familiar responsable conozca su ubicación. Esta metodología de localización debe disponer de un botón de pánico, dimensiones similares a 8 x 23 x 6 (cm) y como los familiares de las personas con discapacidad son los que van a estar monitoreando las ubicación de los mismo, este sistema de rastreo debe ser de fácil acceso a la plataforma de ubicación. Considerando estos parámetros iniciales se ha preseleccionado cuatro micro GPS para la selección final, estos se muestran en la tabla 4.3.

Tabla 4. 3 Selección GPS

Característica	Mini Tracker motorcycle	TK102B	A8
Banda de trabajo	900 / 1800MHz o 850 / 1900MHz	901 / 1800MHz o 850 / 1900MHz	902 / 1800MHz o 850 / 1900MHz
Dimensiones	4x6x1	4.5X6C2.5	6X7X2
Voltaje	De 9 a 12 V	De 3.3 a 4 V	De 9 a 12 V
Rango de temperatura	: -20C - + 70C	: -20C - + 70C	: -20C - + 70C
Rango de humedad	20% -80% de humedad relativa	20% -80% de humedad relativa	20% -80% de humedad relativa
Botón de pánico	NO	SI	SI
Disponibilidad en el mercado	SI	SI	SI

Se seleccionó el TK102B ya que se adapta a todas las disposiciones que anteriormente se expuso y adicionalmente a eso este dispositivo dispone de una aplicación extra que permite que se seleccione un perímetro en el cual la persona con discapacidad se traslada, ya que se conoce que su movilización es recurrente, y si ellos se mueven a otro sitio distinto de este perímetro delimitado, se acciona el botón de pánico y se puede conocer que sucede y porque se movilizó a un lugar distinto de el que se conoce que se traslada. También muestra la velocidad a la que se traslada, lo cual para seguridad de los familiares también es importante y brinda mayor seguridad.

4.7. DISEÑO MECÁNICO DE ACOPLER DE EJE.

Como ya se explicó anteriormente en el referente teórico lo principal de este proyecto se ayuda social, es lograr disponer de una suministro constante de energía eléctrica para que funcionen los dispositivos a instalar en la silla de ruedas. Por lo tanto se iniciara con el diseño del acople por medio del cual se instalará el generador de energía que en la sección 4.1.3 ya se determinó que se usará el generador, dinamo de buje (hub internal generator), como muestra la figura 4.1 se dispone de un ejemplar del dinamo antes mencionado y se puede ver que tiene dos apoyos uno a cada lado derecho e izquierdo respectivamente, este generador de energía es de aluminio su estructura y los soportes laterales son de acero.



Figura 4. 1 Dinamo HUB

Pero se debe considerar que una silla de ruedas dispone de una solo eje que se cruza atreves de la llanta de tal manera que el soporte queda a un solo lado sea derecho o izquierdo. Por lo tanto se genera la necesidad de diseñar un acople que permita colocar el dinamo en la llanta y en la silla. Entonces se analizó distintas formas para elaborar un soporte que sea capaz de soportar el peso de la estructura de la silla, el peso de la persona en la silla, que no aumente las dimensiones de la silla para que pueda entrar y salir por las puertas de medidas estándar por lo tanto dentro de las opciones que se analizó la primera fue colocar una tercera rueda para tener doble soporte en el generador como se muestra en la figura 4.2.



Figura 4. 2 Tercera rueda

Pero esto no resulta eficiente porque horizontalmente se aumenta las dimensiones y si se implementara este diseño la silla seria ineficiente porque ya no podría pasar por las puertas de medidas estándar. Por lo tanto se descartó esta intención de diseño.

Se analizó colocar una extensión al eje del lado a instalar en la silla de ruedas y eliminar el otro soporte, para lo cual se necesitó realizar una análisis estructural de la silla y someter a esfuerzos en corte para determinar el diámetro del acople como se muestra en la figura 4.3 del diseño.

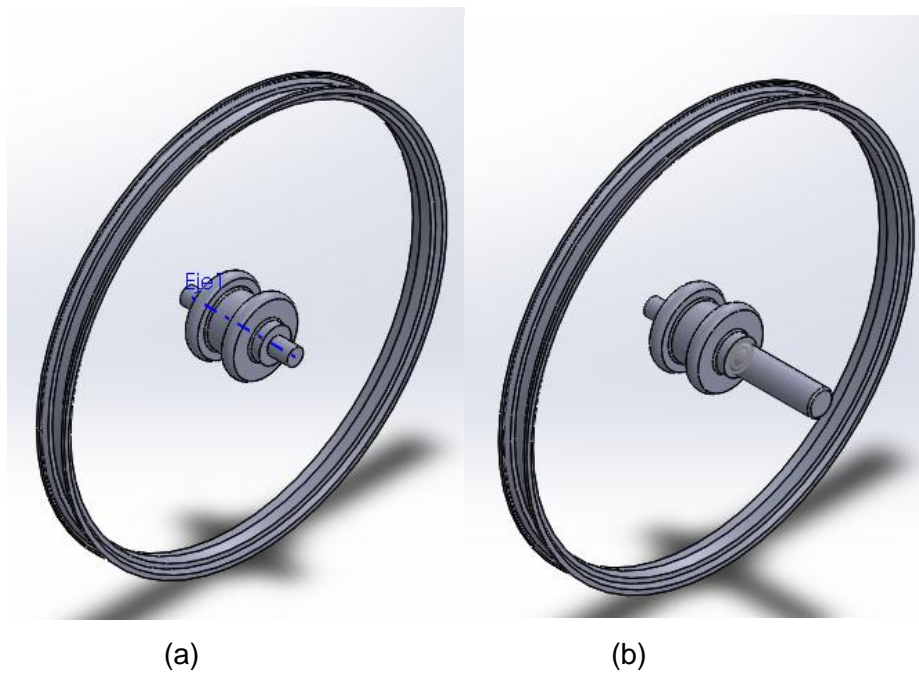


Figura 4. 3 Extensión del eje

Para analizar los parámetros que necesitamos para calcular y establecer el diámetro necesario de la extensión del eje a colocar en la silla necesitamos determinar un peso promedio entre la persona que va a estar en la silla y la estructura de la silla en si, Para lo cual se accedió a la

información de la SETEDIS donde se determinó que el peso promedio es de las personas con paraplejía o cuadriplejía mantienen un peso entre los 50 y 65 Kg, por lo que se considero para los cálculos un peso de 490.5 N, analizando la figura 4.4 se tiene un diagrama de cuerpo libre donde e punta A es el extremo del eje, B es el inicio del eje y el fin del dínamo, P1 es el borde interno de la estructura de la silla de ruedas y P2 en es el borde externo de la estructura de la misma. La dimensión del eje es de 12 cm.

En la figura 4.4 se muestra el esquema del mecanismo de sujeción la rueda de la silla de ruedas por medio de una manzana y un pasador con sus respectivas medidas. Es en este punto donde se requiere colocar el generador de energía eléctrica para el funcionamiento de este proyecto de ayuda social.

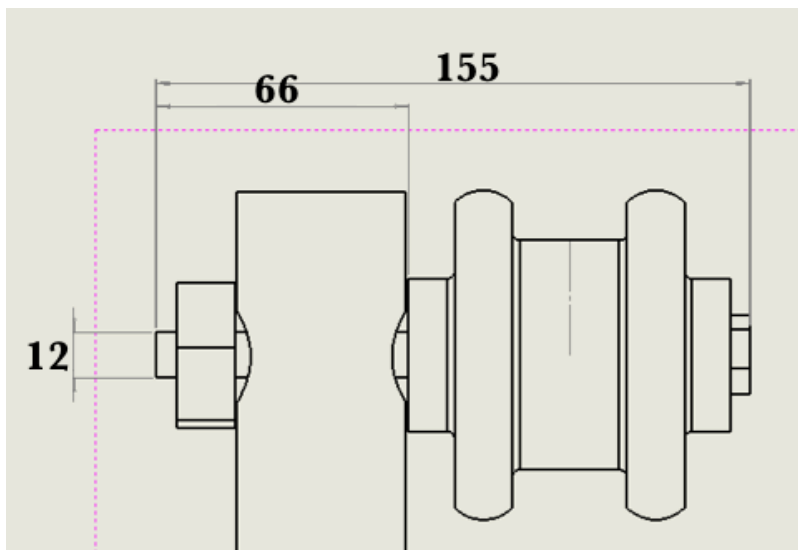


Figura 4. 4 Esquema de manzana de silla de ruedas.

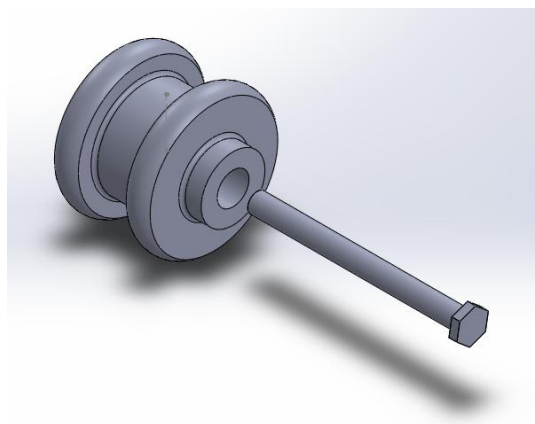


Figura 4. 5. Manzana de Silla de Ruedas

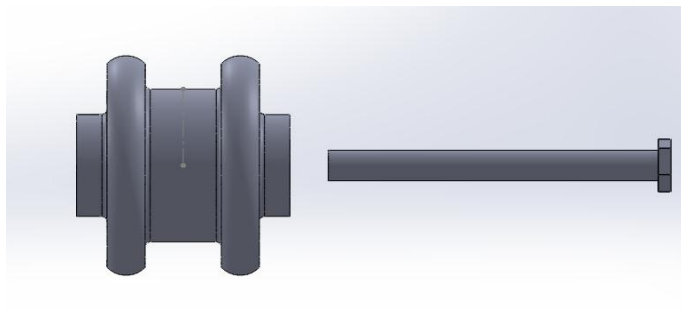


Figura 4. 6 Manzana de Silla de Ruedas

Como se muestra en la figura 4.5 y 4.6. esta un sistema tradicional de manzana que usan las sillas de ruedas que es de tipo pasador, que se cruza de un extremo a otro y se atornilla en el otro extremo y queda fijo con la estructura.

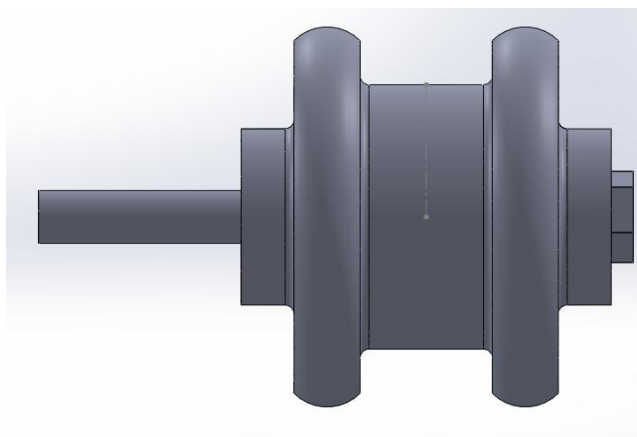


Figura 4. 7 Manzana con pasador

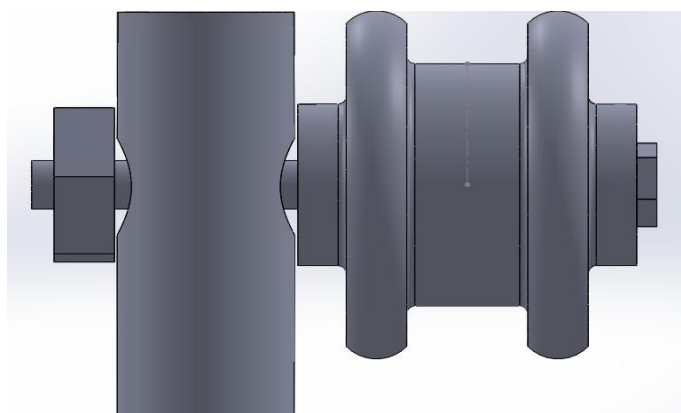


Figura 4. 8 Manzana con pasador instalada a la estructura de la silla de ruedas.

Este perno que cruza en este caso en específico es de 13 cm de largo con un diámetro de 1.2 cm, con este sistema se mantienen en pie las sillas de ruedas convencionales como se muestra en la figura 4.7 y 4,8.

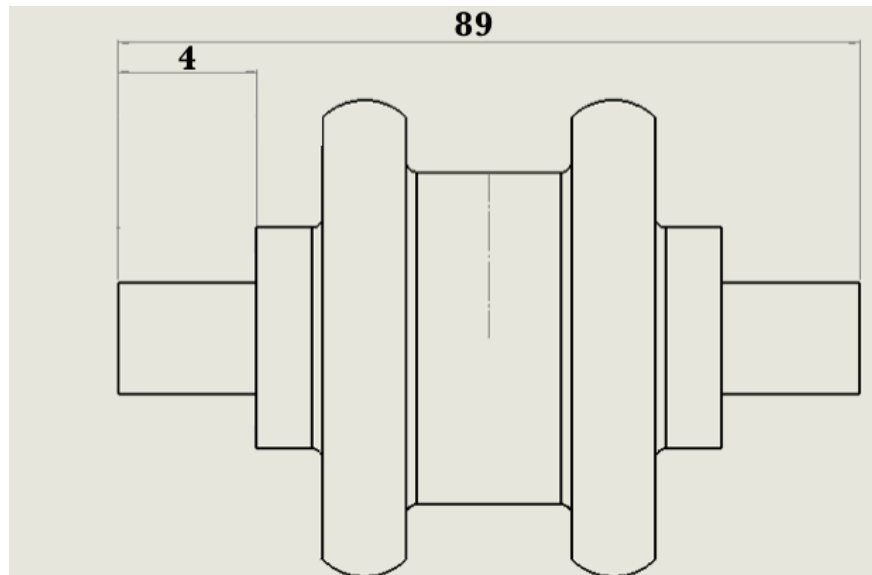


Figura 4. 9 Dinamo Shimano Humb

En la figura 4.9 se tiene el modelo del generador de energía tipo manzana donde claramente se observa que dispone de dos soportes uno a cada lado, de 9 mm de diámetro y 4 cm de largo ya que este sistema es para bicicletas, por lo tanto si analizamos la figura 4.8 es notorio que este dinamo no se puede colocar directamente en la silla de ruedas.

Por lo que es necesario alargar un lado de los ejes para q dispongan de los 7 cm necesarios para q se acople y el sistema de sujeción se mantenga con el mismo que se muestra en la figura 4.8, por lo tanto se procederá al alargamiento del eje del dinamo como se muestra en la figura 4.10.

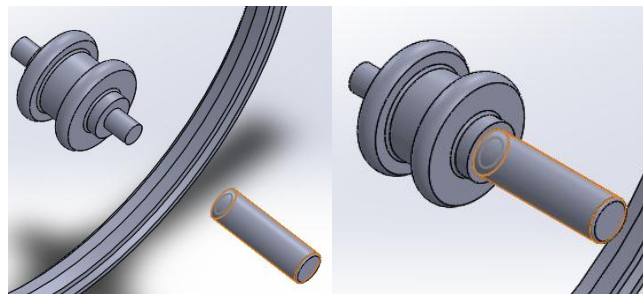


Figura 4. 10 Acople para el generador de energía.

Con la colocación de este nuevo eje de 12 mm de diámetro y 70 mm de largo se puede colocar en la silla de ruedas, con estos datos se procederá a calcular el tiempo de falla que dispondrá este acople con el diámetro igual al del pasador convencional y de acero con factor de seguridad 10 como se muestra en la figura 4.11.



Figura 4. 11 Acople con el dinamo de manzana.

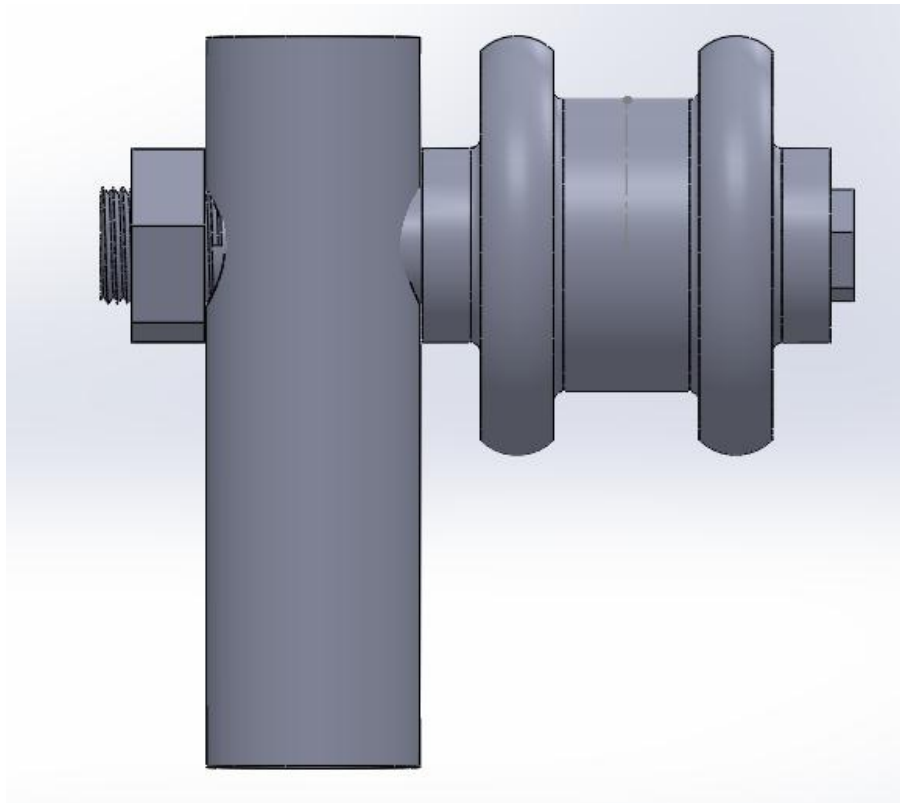


Figura 4. 12 Esquema disposición final del acople.

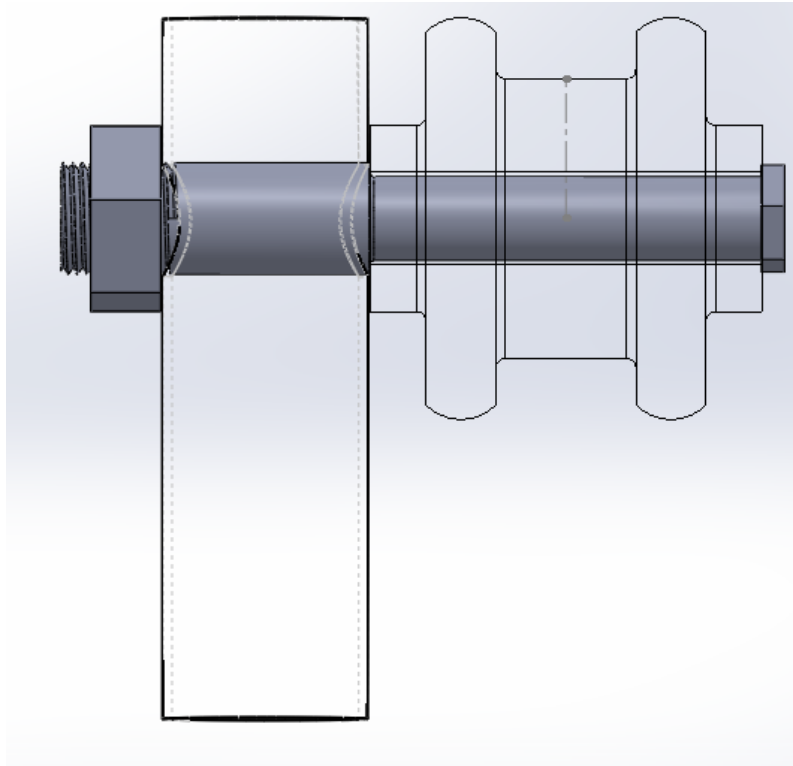


Figura 4. 13 Vista interna del acople con el eje.

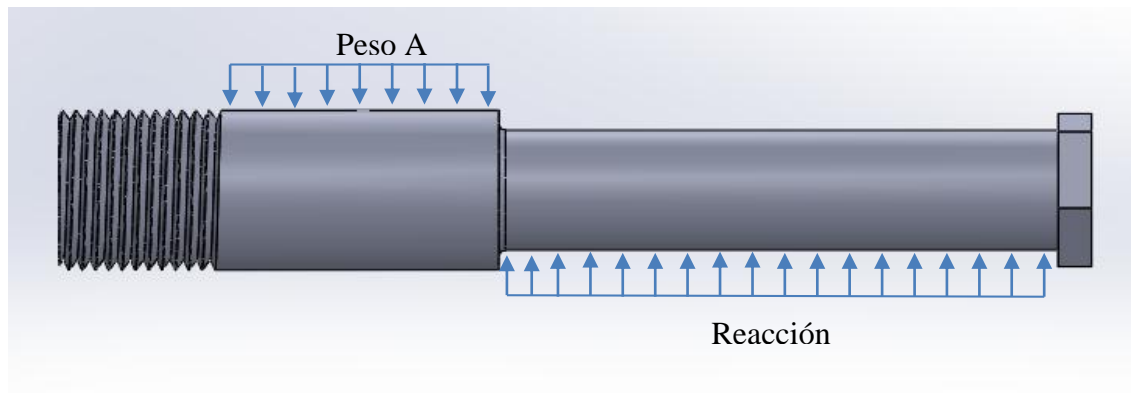


Figura 4. 14. Disposición de fuerzas en el eje

Considerando una carga total como peso en el eje se tiene un peso de 1000 N, por lo tanto se dispone de los siguientes datos:

$$P := 1000 \text{ N}$$

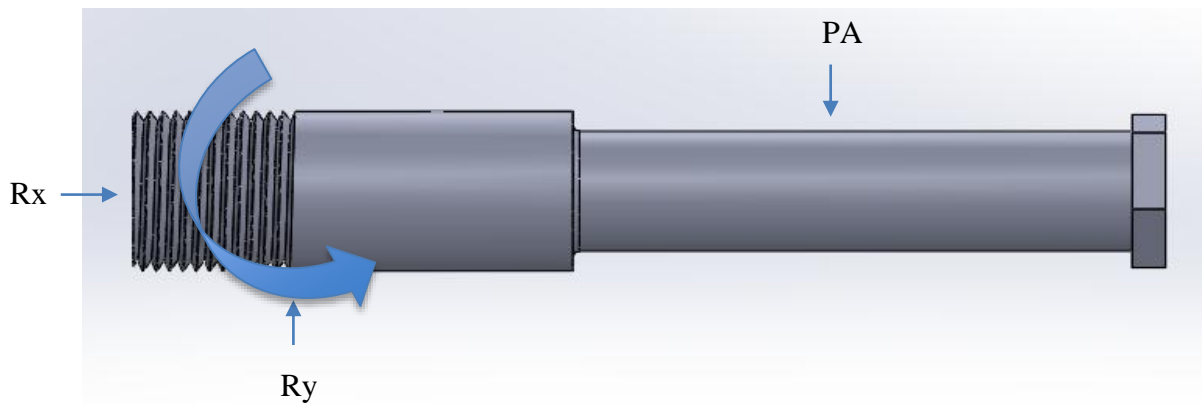
$$S_y := 940 \text{ MPa}$$

$$D := 44.5 \text{ mm}$$

$$d := 12 \text{ mm}$$

$$A := \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$A = (1.131 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$



$$M := P \cdot D$$

$$M = 44.5 \text{ J}$$

$$C := \frac{d}{2}$$

$$C = 6 \text{ mm}$$

$$I := \frac{(\pi \cdot d^4)}{64}$$

$$I = (1.018 \cdot 10^3) \text{ mm}^4$$

$$\sigma_a := \frac{(M \cdot C)}{I}$$

$$\sigma_a := 262.4 \text{ MPa}$$

Ahora hace falta determinar la carga en el aplaste para lo cual se desarrolló los siguientes cálculos:

$$\sigma_b := \frac{A}{S_y}$$

$$\sigma_b = (1.203 \cdot 10^{-13}) \text{ MPa}$$

$$n_{rosca} := \frac{P}{\sigma_b}$$

$$n_{rosca} = (8.311 \cdot 10^{15}) \text{ Pa}$$

$$F_i := F_1 \cdot Factor \cdot A_t$$

$$F_i = (3.497 \cdot 10^4) \text{ N}$$

$$\sigma_t := \frac{F_i}{A_t}$$

$$\sigma_t = (4.15 \cdot 10^8) \text{ Pa}$$

$$\sigma_1 := 262.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_f := \sigma_t + \sigma_1$$

$$\sigma_f = (6.773 \cdot 10^8) \text{ Pa}$$

$$N := \frac{S_y}{\sigma_f}$$

$$N = 1.388$$

$$A_t := 84.27 \text{ mm}^2$$

$$Factor := 830 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_1 := 0.5$$

Por cuestión de cálculos el factor F1 para estos cálculos se consideró como de 0.5 pero también se analizó su variación en función al factor de seguridad que es directamente proporcional a este factor y se determinó los siguientes datos que están en la tabla 4.4:

Tabla 4. 4 Análisis F1 Vs Factor de seguridad

Factor de Cálculo	Factor de Seguridad
0,1	2,722
0,2	2,195
0,3	1,838
0,4	1,582
0,5	1,388
0,6	1,236
0,7	1,115
0,8	1,015
0,9	0,931
1,0	0,861

Resultado la gráfica 4.14.

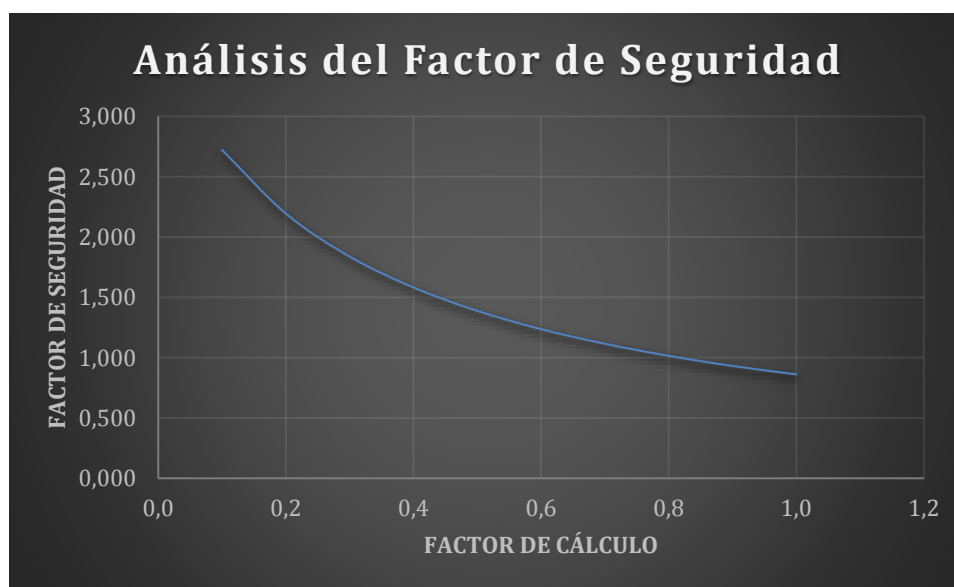


Figura 4. 15 Análisis F1 vs Factor de seguridad.

4.8. INSTALACIÓN EN LA SILLA DE RUEDAS DE PARTES MECÁNICAS

Como se muestra en la figura 4.3. y en base a los cálculos ejecutados se procedió a la construcción e instalación del acople en el dínamo y en la silla de ruedas como se muestra en la figura 4.16 para lo cual se desarrolló en un proceso de torneado por medio del cual se perforó el acople de diámetro de 12 mm el cual se sobrepasa 4 mm de lo que indica los cálculos que es el óptimo pero por temas de seguridad se sobredimensionó. Posterior a la perforación con un machuelo M9 se realizó un roscado interno para que se acople correctamente.



Figura 4. 16 Extensión de eje de la silla de ruedas

Posterior a esta instalación se colocó en la silla de ruedas sin mayores inconvenientes como se puede ver en la figura 4.16. Y se realizó pruebas con personas en la silla para evaluar su funcionamiento y que en efecto no existiría deformación del eje como se observa en la figura 4.17.



Figura 4. 17 Instalación de la llanta en la silla de ruedas



Figura 4. 18. Pruebas de eficiencia de extensión de eje.

4.9. DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL

Para la elaboración del programa del sistema de control se analizó los principales problemas que presentan las personas que usan sillas de ruedas, por lo tanto se determinó que se analizará las siguientes variables a controlar:

- 1 variable digital para controlar el botón de pánico.
- 1 variable digital para controlar el botón de alarma.
- 3 variables analógicas (x,y,z) para controlar la posición del acelerómetro.
- 1 variable analógica para determinar la cantidad de energía que genera el dínamo y en función de esa energía determinar la velocidad de la silla de ruedas.
- 1 variable digital para controlar si se encuentra la persona en la silla.
- 2 salidas analógicas, una para activar el botón de pánico y otra para la alerta de presencia en la silla.
- 4 contadores para determinar el tiempo de envío de datos.

En función de estos parámetros se desarrollará el programa para el sistema de control de la silla de ruedas el programa completo se muestra en el anexo 4.

4.10. MONTAJE DE ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL

Previo poder proceder con un montaje es necesario primero probar el correcto funcionamiento de todo el sistema de control con todos los elementos que intervienen en el mismo, por lo que se simuló como se muestra en la figura 4.19, posteriormente se desarrolló pruebas en una placa de pruebas como se muestra en la figura 4.20, por medio del cual y en una fase de pruebas todo el sistema funciona de manera correcta y eficiente. Finalmente se elaboró la placa final para colocarla en el interior del apoya brazos de la silla de ruedas.

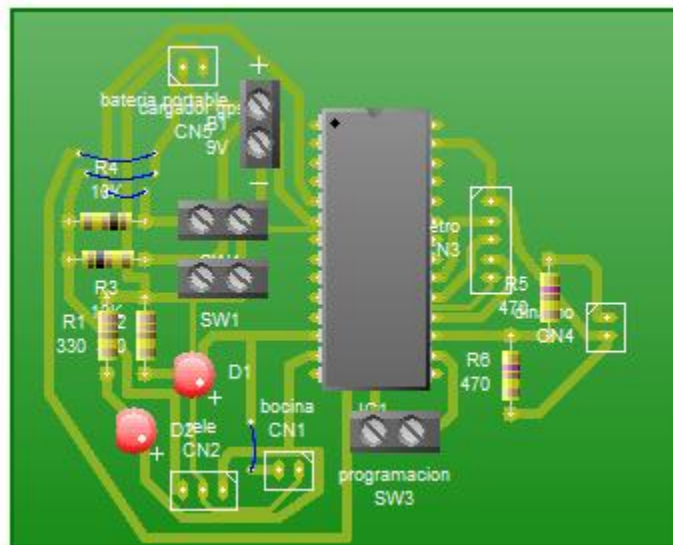


Figura 4. 19 Esquema Eléctrico

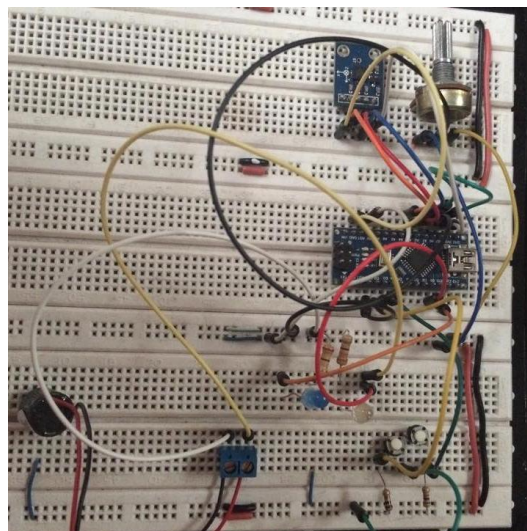


Figura 4. 20 Implementación del sistema de control en la placa de pruebas

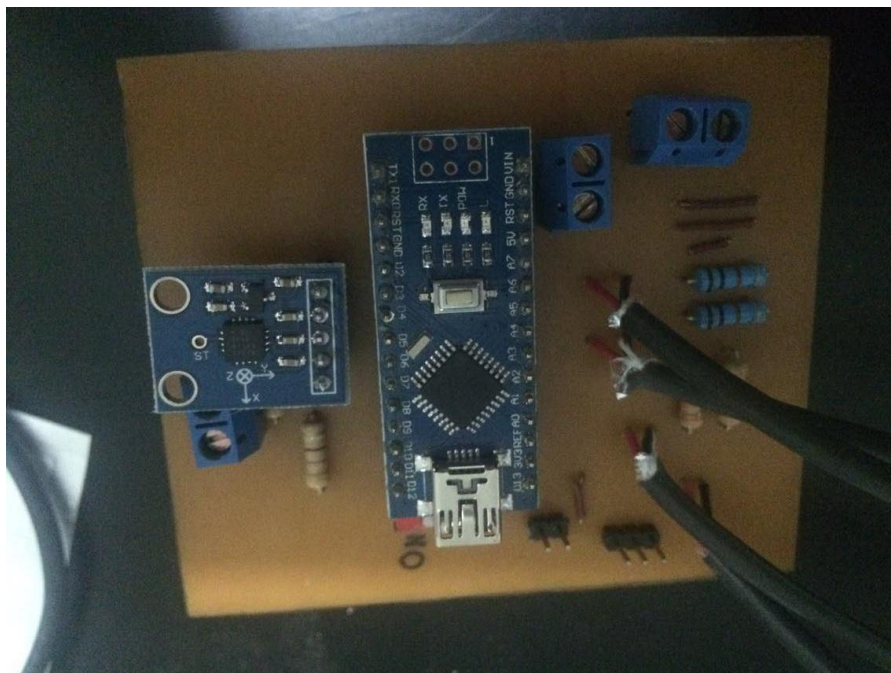


Figura 4. 21 Placa final

Se construyó un nuevo apoya brazos para la silla de ruedas, donde se pueda introducir todos los elementos que se necesita para que funcione el sistema de seguridad, para lo cual se diseño en CAD de la base como se muestra en la figura 4.22, seguido del diseño de la tapa rígida, figura 4.23, después se diseño la tapa de control donde se encuentran ubicados los botones de pánico y reseteo, salida USB para carga de teléfonos celulares y luz led de indicación de estado en la figura 4.24, las medidas y plano de este diseño se encuentra en el anexo 6.

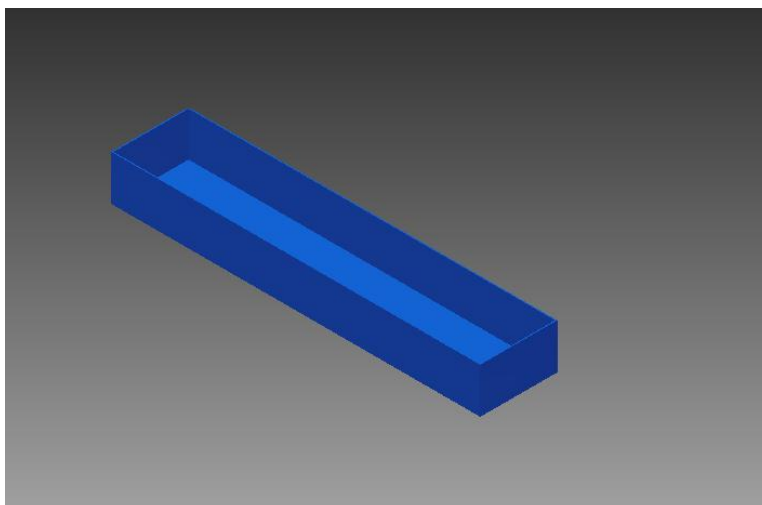


Figura 4. 22 Base del apoya brazos.

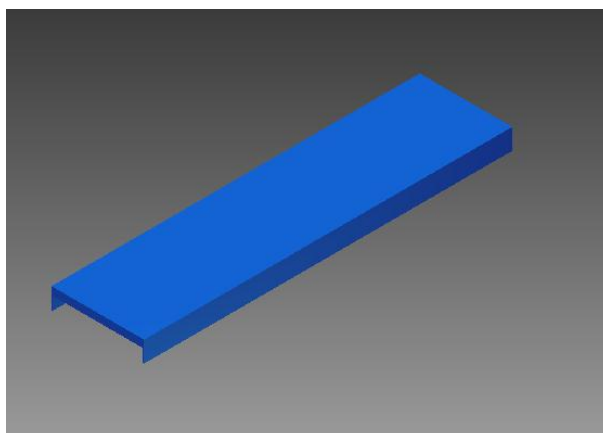


Figura 4. 23 Tapa superior del apoya brazos.

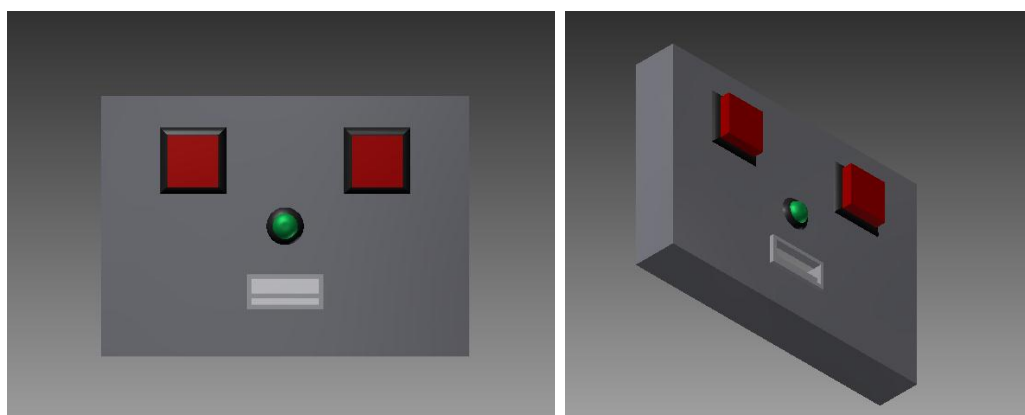


Figura 4. 24 Tapa de control del apoya brazos.

Una vez comprobado el correcto funcionamiento se procedió al montaje final de las partes en la silla de ruedas para lo cual se elaboró un nuevo apoya brazos dentro del cual se desarrollara dicho montaje, de tal manera que quedo como se muestra en la figura 4.25.



Figura 4. 25 Apoya brazo de la silla de ruedas con el sistema de control.

CAPÍTULO V

5. Análisis y presentación de resultado

5.1. Pruebas.

5.1.1. Pruebas de generador de energía

Para el funcionamiento del sistema de control de la silla de ruedas es necesario 5 voltios por lo tanto se desarrolló las pruebas de generación de energía en función de la velocidad que presenta la silla de ruedas, lo cual se muestra en la tabla 5.1 como presentación de resultados.

Como se muestra en la tabla 5.1 el voltaje generado a la velocidad que en promedio se mueve una persona con esta discapacidad, por lo tanto existían dos posibles soluciones una mecánica y una electrónica. La mecánica implicaba que se implemente un sistema de poleas para que el generador gire más rápido y se genere la energía necesaria, pero eso implica más partes móviles y por lo tanto mayor posibilidad de daño por efecto del movimiento y se puede aflojar las mismas partes móviles. La otra solución es una electrónica por medio de la implementación de una fuente elevadora de voltaje, de la cual se habla en el marco teórico, entonces se calibró y se colocó en el sistema, lo que se indica en la tabla 5.2 donde ya se cumple con los parámetros necesarios para que funcione el sistema.

5.1.2. Pruebas del sistema de control.

En el sistema de control se dividió en tres partes fundamentales; primero, adquisición, presentación y análisis de las variables del acelerómetro, donde únicamente se necesita el resultado de eje X y Y, pero este elemento electrónico mide las tres variables X, Y y Z, pero con la función ARCTG se pudo simplificar y realizar las comparaciones del programa del sistema de control, como se muestra en la figura 5.1.



```

Cotrol_silla_de_ruedas Arduino 1.6.4
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Cotrol_silla_de_ruedas
void inclinacion()
{
  xVal = analogRead(xpin);
  yVal = analogRead(ypin);
  zVal = analogRead(zpin);
  velocidad = analogRead(vel);

  xVal = map(xVal, 0, 1023, -500, 500);
  yVal = map(yVal, 0, 1023, -500, 500);
  zVal = map(zVal, 0, 1023, -500, 500);

  Y = atan((double)yVal / (double)zVal);
  Y = Y * (57.2958);

  X = atan((double)xVal / (double)zVal);
  X = X * (57.2958);

  Serial.write("y:");
  Serial.println(Y);

  Serial.write("x:");
  Serial.println(X);

  Serial.write("Velocidad:");
  Serial.println(velocidad);

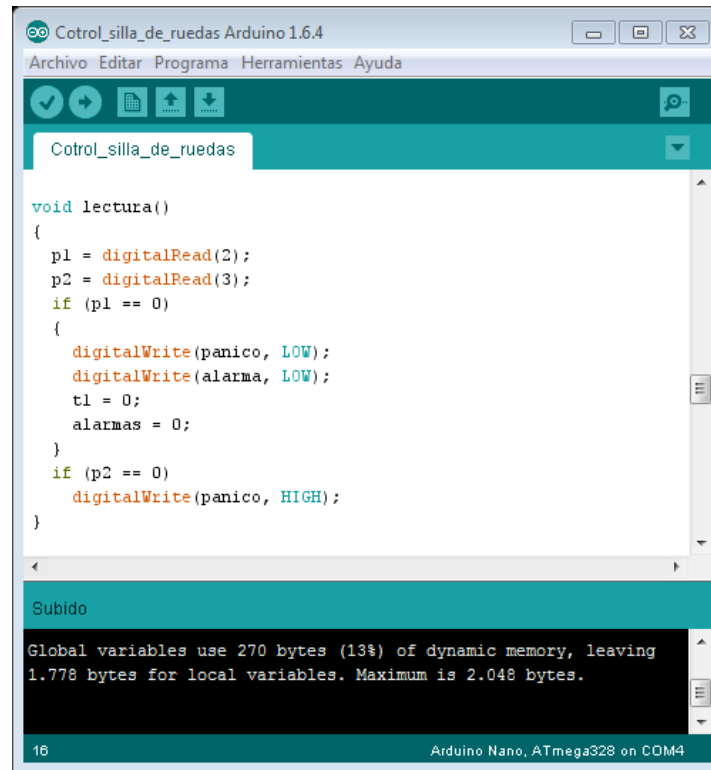
  Serial.write("tiempo:");
  Serial.println(t1);
}

Subido
Global variables use 270 bytes (13%) of dynamic memory, leaving
1.778 bytes for local variables. Maximum is 2.048 bytes.
16 Arduino Nano, ATmega328 on COM4

```

Figura 5. 1 Programa acelerómetro.

La segunda parte del sistema de control, es la lectura y adquisición de datos de los botones tanto del de pánico y del reseteo de los contadores para verificar el estado de la persona en la silla de ruedas como se muestra en la figura 5.2, ya que si la persona detiene su movimiento, ósea que el dinamo esta generando cero voltio, el programa espera un tiempo de 5 minutos y se activa una alarma sonora hasta que la persona en la silla presione el botón de reseteo pero si no lo presiona después de 3 alertas sonoras activa la señal de pánico y llega la señal al familiar responsable y que de darse este caso podría ser una señal que la persona en la silla se desmayo o perdió el control.



The screenshot shows the Arduino IDE interface. The main window displays the code for a function named `lectura()`. The code reads two digital sensors (pins 2 and 3) and controls two digital outputs (pins `panico` and `alarma`) based on their states. The output window shows the message "Subido" and memory usage information: "Global variables use 270 bytes (13%) of dynamic memory, leaving 1.778 bytes for local variables. Maximum is 2.048 bytes." The status bar at the bottom indicates "16" and "Arduino Nano, ATmega328 on COM4".

```

void lectura()
{
  p1 = digitalRead(2);
  p2 = digitalRead(3);
  if (p1 == 0)
  {
    digitalWrite(panico, LOW);
    digitalWrite(alarma, LOW);
    t1 = 0;
    alarmas = 0;
  }
  if (p2 == 0)
    digitalWrite(panico, HIGH);
}

```

Subido

Global variables use 270 bytes (13%) of dynamic memory, leaving 1.778 bytes for local variables. Maximum is 2.048 bytes.

16 Arduino Nano, ATmega328 on COM4

Figura 5. 2 Activación de alarmas

Y por último las comparaciones de los parámetros que se requiere para que las personas se sientan seguras en la silla de ruedas, como se muestran en las figura 5.3.

```

void timerIsr()
{
  digitalWrite( 13, digitalRead( 13 ) ^ 1 );
  enviar = 1;
  if (X > 30)
  {
    t2++;
    if (t2 >= (tb * tm * 10))
    {
      digitalWrite(panico, HIGH);
      t2 = 0;
    }
  }
  else
    t2 = 0;
  if (velocidad < 40)
  {
    t1++;
    if (t1 >= (ta * tm * 10))
    {
      digitalWrite(alarma, HIGH);
      t1 = 0;
      alarmas++;
      if (alarmas >= 3)
        digitalWrite(panico, HIGH);
    }
  }
}

```

Figura 5. 3 Parámetros finales.

Con esto queda analizado y probado el sistema de control.

5.1.3. Pruebas del envío de datos del GPS.

En realidad no se realizó pruebas experimentales con la adquisición de datos con el GPS, sino fue investigación por medio de lectura de hojas técnicas como se menciona en el capítulo 4, por lo que en un principio fue necesario configurar el gps, como esta en la figura 5.4 y que se detallan los comandos a continuación:

Begin 123456.- donde inicializamos la comunicación con el gps.

Imei 123456.- donde se solicita el código imei para seguir con la configuración, este es un número de 15 dígitos.

Apn 123456 internet.cnt.net.ec.- para conectar con el servidor de la operadora con la que se está trabajando.

Adminip123456.ip.- sirve para conectar con el servidor de internet.

GPRS123456.- este comando sirve para activar el servicio.

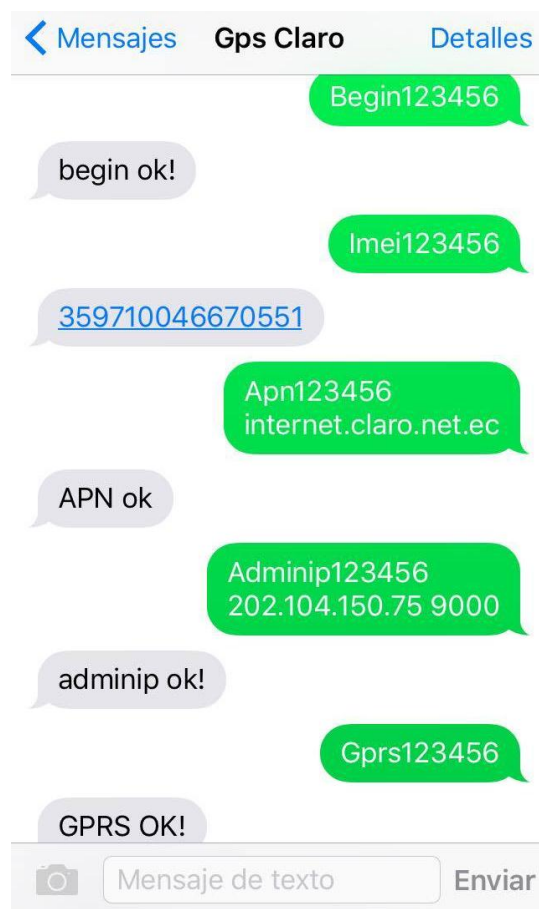


Figura 5. 4 Configuración del gps y el teléfono del familiar responsable.

Con esta configuración se determina cual va a ser el teléfono móvil del familiar responsable y en la presentación de resultados se muestra como llegan los datos a dicho familiar.

5.2. Presentación de resultados.

5.2.1. Resultados de generación de energía.

En función de la experimentación y de las estadísticas extraídas de parte de la SETEDIS se logró obtener que una persona en silla de ruedas se mueve a una velocidad promedio de 2 a 3 kilómetros/hora, entonces en función a esta velocidad debían ser el voltaje generado para que funcionen todos los sistemas.

Por lo tanto en la tabla 5.1 se muestra los resultados obtenidos con el generador de energía Shimano Hub Dynamo DH-3R35-A, el cual en su hoja de dato dice que genera hasta 6V y 3W, pero en la realidad a altas velocidades llevo a generar hasta 8.3V.

Tabla 5. 1 Resultados obtenidos con el generador de energía.

Velocidad	Voltaje generado
2 Km/h	2.3 V
3 Km/h	3.2 V
4 Km/h	3.9 V
5 Km/h	5.7 V
8 Km/h	8.3 V

Como se muestra en la tabla la energía obtenida a la velocidad promedio de las personas con discapacidad no satisface a la necesidad del sistema. Por lo tanto como ya se explicó anteriormente la solución a este problema era la implementación de una fuente elevadora de voltaje con la que se obtuvo los resultados expuestos en la tabla 5.2.

Tabla 5. 2 Resultados obtenidos con el generador de energía y fuente elevadora

Velocidad	Voltaje generado
2 Km/h	6.7 V
3 Km/h	8.9 V
4 Km/h	9,02 V
5 Km/h	9.2 V
6 Km/h	10,1 V
7 Km/h	12. 13 V

Con estos datos ya se puede trabajar con todos los sistemas a punto y lo más importante cargar las baterías para que el voltaje entregado a la placa sea estable y constante.

5.2.2. Resultados de sistema de control.

El sistema de control tanto en placa de pruebas como en la placa final que usa la silla de ruedas es funcional en cuanto a los parámetros necesario para que una persona en silla de ruedas se sienta segura y pueda transitar libremente por la ciudad. Ya que como se muestra en el alcance del capítulo 1 el sistema de control de la silla debe estar en constante censo de las variables establecidas como el acelerómetro que es el instrumento que mide la inclinación de la silla, los contadores para saber si la persona está o no consiente, el dinamo en función del voltaje generado para determinar la velocidad de la silla y el botón de pánico. Y si se activan cualquiera de estas alarmas mostrarse en el envío de un mensaje de texto al familiar responsable en el formato que muestra la figura 5.5, el cual contiene un link en el cual se puede ver la ubicación exacta de donde se activó la alarma en cualquiera de los casos.

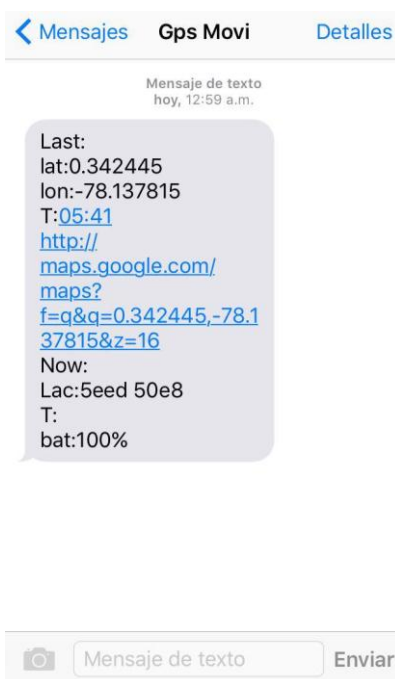


Figura 5. 5 Resultados del sistema de control

Como se muestra en la figura 5.5 el mensaje de texto contiene las coordenadas de latitud y longitud de la ubicación de la persona, el link para revisar su ubicación en el mapa como indica

la figura 5.6, la velocidad en este caso dice que no se encuentra en movimiento y la cantidad de carga que tiene la batería.

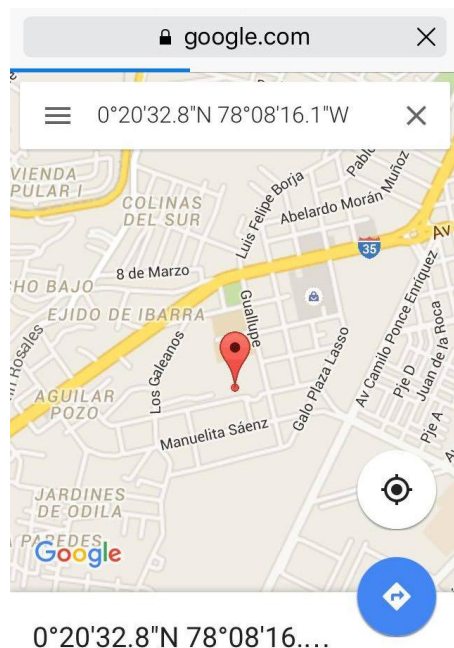


Figura 5. 6 Muestra de ubicación con GPS.

Una de las ventajas de este sistema de rastreo satelital es que trabaja en una como plataforma google maps que es gratuito y calcula la distancia de un punto a otro, el tiempo que se demora en llegar, en condiciones ideales.

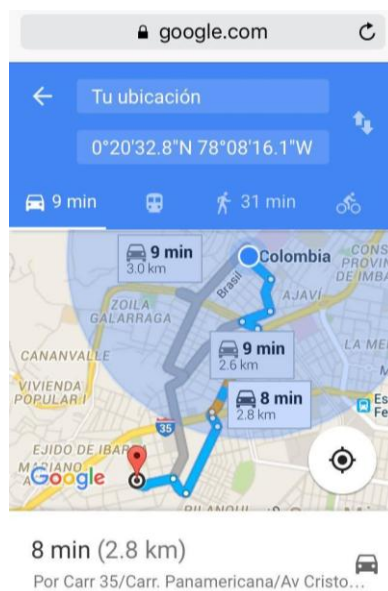


Figura 5. 7 Datos GPS.

5.3. Manual de usuario.

Información general

Consideraciones previas.

Por favor lea este manual de instrucciones detalladamente. Encontrará importantes advertencias de seguridad y valiosos consejos para un buen uso y cuidado del sistema de seguridad autónomo para sillas de ruedas con control centralizado y auto-generación de energía (ecológico). Si tienen alguna consulta o precisan de alguna información adicional, diríjase a los contactos del autor previamente expuestos.

Este manual de instrucciones contiene todas las advertencias necesarias para el ajuste y funcionamiento del sistema de seguridad autónomo para sillas de ruedas con control centralizado y auto-generación de energía (ecológico). Por lo tanto, en el transcurso del manual de instrucciones se tratarán por separado las características específicas del mismo.

Finalidades.

Por medio del presente proyecto se plantea desarrollar una modificación a las sillas de ruedas convencionales de tal manera que se pueda brindar ayuda y soporte técnico en los principales problemas reportados a lo largo de la investigación. Esta serie de modificaciones también deben ser de bajo costo para que pueda ser accesible a todo público.

La conversión de energía mecánica a energía eléctrica usando un Shimano Hub Dynamo DH-3R35-A que genera 6V-3W para esta energía poder ser suministrada a un banco de baterías y poder alimentar al sistema de control de la silla de ruedas, el cual en caso de ser accionada alguna de las alertas, se enviara un mensaje de texto (SMS) al número celular del familiar responsable y posteriormente al ECU911.

Las alarmas antes mencionadas se accionaran si el usuario de la silla de ruedas presiones el botón de pánico, lo cual indicará que tiene un inconveniente. Si se abre el fin de carrera, lo cual indicará que el usuario no se encuentra en la silla, esta ausencia puede ser voluntaria o involuntaria. Si el acelerómetro cambia su posición bruscamente, lo cual indicará una caída. Si el dínamo presenta un sobre voltaje, lo cual indicará que el usuario esta yendo demasiado rápido y puede colacionarse con algún objeto.

Por medio de esos dispositivos se pretende brindar un poco de independencia y mejorar su Seguridad Ciudadana ya que la silla contará con un módulo GPS por medio del cual sus familiares podrán saber su ubicación y en caso de se encuentre el alguna situación de riesgo (atracó, accidente) puedan informar por medio de botón de pánico o si fuera el caso si se caen de su silla o se desmayan de igual forma el sistema de control informará automáticamente al familiar responsable, por lo que la capacitación a este familiar es fundamental en el proceso.

Indicaciones

- Discapacitados, es decir, con fuertes dificultades para caminar.
- Parálisis.
- Pérdida de extremidades.
- Defectos o deformaciones de extremidades.
- Contracturas de las articulaciones / Dolor de las articulaciones (no en los dos brazos).
- Otras enfermedades.

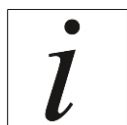
Contraindicaciones

- El uso de las sillas de ruedas no es adecuado en lluvias.
- Trastornos de la percepción.
- Fuertes trastornos de equilibrio.
- Pérdida de los dos brazos.
- Contracturas de las articulaciones / Dolor de las articulaciones en los dos brazos.
- Incapacidad de sentarse.
- Visión reducida o insuficiente.

Símbolos



Cuidado! Indica advertencias de seguridad relevantes. Preste atención!



Importante! Indica información especialmente útil en relación a los hechos.



Precaución! Carga eléctrica.

Precauciones de seguridad

- Para evitar caídas y situaciones peligrosas, debe practicar primero en terrenos planos. Se recomienda hacerlo acompañado.
- No deje sin vigilancia a niños y jóvenes.
- Para el uso de la silla de ruedas compruebe que todos los componentes estén bien sujetos, como el apoya brazos y generador de energía.
- Antes del primer uso practique en terrenos planos. Familiarícese con la frenada y aceleración en línea recta y en curva.
- Tenga en cuenta, que las partes tapizadas, expuestas directamente al sol, pueden
- La silla de ruedas no debe transportar varias personas o cargas.
- Nunca conduzca la silla de ruedas bajo los efectos del alcohol o medicamentos, que requieran atención, es decir, que afecten a la capacidad física y mental.
- Tenga cuidado con los cambios de peso debidos a los movimientos corporales o de la carga de la silla de ruedas ya que pueden aumentar el riesgo de vuelco.
- Para superar obstáculos utilice rampas.
- Surcos en el asfalto, rieles o estancamientos similares, si no puede esquivarlos, debe cruzarlos en un ángulo recto (90°).
- En una pendiente de 10° existe el peligro de vuelco hacia atrás.
- Para aumentar la seguridad de vuelco los apoyos antivuelco deben estar en la posición correcta.
- Evite empujar sin frenar hacia un obstáculo (escalón, bordillo), el ocupante podría caer hacia delante.
- Para subir y bajar nunca se apoye en las plataformas de los reposapiés.
- En la calle tenga en cuenta el código de circulación.
- La iluminación pasiva en la silla de ruedas debe ser visible para los demás usuarios.
- Lleve ropa de colores vivos y llamativos para que otros usuarios de la vía pública puedan verle mejor.
- No use limpiadores de alta presión o productos químicos fuertes y corrosivos para limpiarlo.

Módulo del sistema de seguridad autónomo para sillas de ruedas con control centralizado y auto-generación de energía (ecológico).

El funcionamiento del módulo del sistema es muy sencillo y de fácil acceso al usuario. Por lo que el usuario únicamente deberá manipular dos botones que se encuentran en la parte frontal del apoyo brazos de la silla, por lo tanto todos los demás sistemas se encuentran dentro del mismo.

Los botones se encuentran ubicados como se muestra en la figura 5.8, donde el botón número 1 es el botón de pánico, el cual al ser presionado directamente envía una alerta al familiar responsable con la primicia de que algo le ha sucedido.



Figura 5. 8 Esquema del sistema de control.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- En base a la tabla 3.1, donde se muestra los resultados de la encuesta aplicada a las personas de la asociación de personas con discapacidad “Luchando por un porvenir”, se concluye que las personas con discapacidad sufren más accidentes por efecto de las malas prácticas de mantenimiento preventivo en las sillas de ruedas, por lo que los accidentes generados son por fallas mecánicas haciendo referencia a falla de tornillos o tiercas.
- Para solucionar los inconvenientes que se presentan con mayor frecuencia en las personas con silla de ruedas se determinó implementar un sistema de control el cual permita conocer el estado del paciente por medio de alarmas sonoras cada 5 minutos para determinar la presencia de la persona en la silla, para controlar desmayos, descompensaciones y demás fallas medicas; por medio de un acelerómetro controlar la inclinación de la silla en los ejes X y Y, entonces si la inclinación es menor a 30 grados en cualquier eje se activa la alarma, como el voltaje generado en la silla es directamente proporcional a la velocidad de la silla, entonces se puede controlar si está yendo demasiado rápido y esto puede ser peligroso para el paciente y por ultimo un botón de pánico que trabaja de forma manual.
- No importa el tipo de silla de ruedas que sea sistema puede ser acoplado a cualquier tipo.

RECOMENDACIONES

- La silla debe tener aros de metal y no plásticos para la implementación del generador de energía.
- En base a los resultados obtenidos se recomienda el uso de una fuente levadora para el funcionamiento de los sistemas tanto de carga y almacenamiento de energía como del sistema de control.
- No ajustar al máximo la tuerca del eje del generador de energía ya que si el factor $F1$ sobrepasa el 0.9 la estructura tendería a fallar.
- Desarrollar una app móvil para el monitoreo constante de la ubicación de la silla de ruedas.

BIBLIOGRAFÍA.

- ELIA Beatriz, Metodología de la investigación, Segunda edición
- HERNÁNDEZ Roberto, Metodología de la Investigación, 4ta edición.
- Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades. (2014). *Registro Nacional de Discapacidades*. Obtenido de http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/11/registro_nacional_discapacidades.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (1954). *Amputaciones y prótesis, Informe de una conferencia sobre Protética*. Obtenido de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37142/1/WHO_TRS_100_spa.pdf?ua=1
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Informe mundial sobre la discapacidad*. Obtenido de http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789240685215_eng.pdf
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir 2013 - 2017*. Obtenido de www.buenvivir.gob.ec/documents/10157/26effa35-aaa8-4aec-a11c-be69abd6e40a
- Vicepresidencia de la República del Ecuador. (2013). *Objetivo General, objetivos estratégicos y Entorno para el Cambio*. Obtenido de <http://www.vicepresidencia.gob.ec/objetivo-general-objetivos-estrategicos-y-entorno-para-el-cambio-2/>
- Hadj, H.; Soriano, T., "Integrating a Virtual Prototyping Simulator with HLA," *Information & Communications Technology, 2006. ICT '06. ITI 4th International Conference on*, vol., no., pp.1,1, 10-12 Dec. 2006 doi: 10.1109/ITICT.2006.358258
- Badamasi, Yusuf Abdullahi, "The working principle of an Arduino," *Electronics, Computer and Computation (ICECCO), 2014 11th International Conference on*, vol., no., pp.1,4, Sept. 29 2014-Oct. 1 2014 doi: 10.1109/ICECCO.2014.6997578
- Purusothaman, S.R.R.D.; Rajesh, R.; Bajaj, K.K.; Vijayaraghavan, V., "Implementation of Arduino-based multi-agent system for rural Indian microgrids," *Innovative Smart*

Grid Technologies - Asia (ISGT Asia), 2013 IEEE, vol., no., pp.1,5, 10-13 Nov. 2013
doi: 10.1109/ISGT-Asia.2013.6698751

- Hassan, M.A.; Ali, A.F.; Eladawy, M.I., "Classification of the Imagination of the Left and Right Hand Movements using EEG," *Biomedical Engineering Conference, 2008. CIBEC 2008. Cairo International*, vol., no., pp.1,5, 18-20 Dec. 2008
doi: 10.1109/CIBEC.2008.4786098
- Torres Navarro, Miguel Ángel. Recursos metodológicos en educación física con alumnos con discapacidad física y psíquica. España: Pila Teleña, 2010. ProQuest ebrary. Web. 14 January 2015.
- Barbieri, Aldo, and Papis, Otto. Deporte y recreación accesibles. Argentina: Editorial Nobuko, 1987. ProQuest ebrary. Web. 14 January 2015.
- Perujo Serrano, Francisco. Discapacidad y medios de comunicación; entre la información y el estereotipo. España: Red Ámbitos, 2006. ProQuest ebrary. Web. 14 January 2015.
- Wolbring, Gregor. Ciencia, tecnología y la ded (discapacidad, enfermedad, defecto). Chile: Red Polis, 2006. ProQuest ebrary. Web. 14 January 2015.
- Barckhahn Flores, Sebastián Daniel. Interconectividad local de sistema de posicionamiento autónomo para una comunidad de dispositivos compactos de arquitectura modular. Chile: B - Universidad de Santiago de Chile, 2011. ProQuest ebrary. Web. 14 January 2015.
- Acero, María Cruz, Esteve, Jaume, and Plaza, José Antonio. Microtecnología: diario de un proceso. Fabricación de un microacelerómetro. España: Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2010. ProQuest ebrary. Web. 14 January 2015.
- Martín Pérez, Francisco Javier, and Martín Juan, Javier. Apuntes de electricidad aplicada a los buques. España: ECU, 2010. ProQuest ebrary. Web. 14 January 2015.
- Antonini, Celia. GPS mental para llegar a donde quieras. Argentina: Editorial del Nuevo Extremo S.A., 2012. ProQuest ebrary. Web. 14 January 2015.
- Carrillo, Daniel. Sistemas de posicionamiento global GPS, localización automática vehicular LAV. Argentina: El Cid Editor | apuntes, 2009. ProQuest ebrary. Web. 14 January 2015.
- Oyarzún González, Miguel Ángel. Método diferencial GPS en tiempo real aplicado a una red geodésica vía GPRS. Chile: B - Universidad de Santiago de Chile, 2007. ProQuest ebrary. Web. 14 January 2015.

- Moya Zamora, Jorge. Implementación del servicio de datos GPS de la Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia. *Uniciencia*. 24(1), 2010. Costa Rica: Red Universidad Nacional de Costa Rica, 2010. ProQuest ebrary. Web. 14 January 2015.
- Torres, Jorge, and Redondo, José. Reparación y automatización de una máquina universal de ensayos. *Revista Ciencia e Ingeniería*. 30(2), 2009. Venezuela: Red Universidad de Los Andes, 2009. ProQuest ebrary. Web. 14 January 2015.
- Sandoval Moreno, John Anderson, Ramirez Scarpetta, José Miguel, and Valencia De Oro, Ana Lilian. Desarrollo tecnológico de los laboratorios remotos de estructuras e ingeniería sísmica y dinámica estructural. Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, 2009. ProQuest ebrary. Web. 14 January 2015.
- López Orduño, René Francisco. Pronóstico de carga ingeniería electromecánica. Argentina: El Cid Editor - Ingeniería, 2007. ProQuest ebrary. Web. 14 January 2015.
- Turismo, eje fundamental de la matriz productiva. Recuperado de <http://www.turismo.gob.ec/el-turismo-sera-el-eje-del-cambio-de-la-matriz-productiva-en-ecuador/>
- Estadística de discapacidad en el Ecuador CONADIS, Septiembre 2014. Recuperado de http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/11/registro_nacional_discapacidades.pdf
- Plan de inclusión turística Cotacachi 2014. Recuperado de <http://www.asambleacotacachi.org/cdg.php?vamenu=138>
- Referencias del Cantón Catacachi. Recuperado de <http://www.asambleacotacachi.org/pagina.php?vamenu=110>
- Comodato de convento para discapacitados. Recuperado de http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101563412/-1/Piden_comodato_de_convento_para_discapacitados.html#.VlcWcGSG9sE
- Inclusión Laboral de 150 personas con discapacidad en el Cantón Cotacachi
- <http://www.elnorte.ec/imbabura/cotacachi/47198-se-incorporaron-al-sistema-laboral-discapacitados.html>
- Kaur, C.; Arrawatia, M.; Kumar, G., "Low power portable GPS based transceiver for sea and land surveillance," *Communications and Signal Processing (ICCSP), 2011 International Conference on*, vol., no., pp.379,383, 10-12 Feb. 2011 doi: 10.1109/ICCSP.2011.5739342

- Won Namgoong; Meng, T., "GPS receiver design for portable applications," *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2000. ICASSP '00. Proceedings. 2000 IEEE International Conference on*, vol.6, no., pp.3706,3709 vol.6, 2000
doi: 10.1109/ICASSP.2000.860207

ANEXOS

ANEXO I. Formato de encuesta aplicada.

Este es el formato de la encuesta aplicada a las personas de la asociación de personas con discapacidad “Luchando por un porvenir”, la cual fue aplicada a 23 personas, de las cuales se pudo seleccionar a 7 que cumplen con los requisitos y ser acreedores a todo el sistema de seguridad para sus sillas de una forma gratuita, gracias a la donación de la Prefectura de Imbabura que es quien financia este proyecto.

SISTEMA DE SEGURIDAD AUTÓNOMO PARA SILLAS DE RUEDAS CON CONTROL CENTRALIZADO Y AUTO-GENERACIÓN DE ENERGÍA (ECOLÓGICO)”

*Obligatorio

Usa usted una silla de ruedas como medio de transporte? *

- Si
- No

Ha salido sin compañía a la calle en su silla de ruedas?

- Si
- No

Con qué frecuencia suele salir sin compañía la calle en su silla de ruedas? *

- Siempre
- Casi siempre
- A veces
- Casi nunca
- Nunca

En alguna ocasión ha tenido un inconveniente en su silla de ruedas?

Se ha caído, le han chocado, se le ha dañado, etc...

- Sí
- No

Si su respuesta anterior fue si. Que tipo de inconveniente presento?

- Falla mecánica
- Falla física
- Internino una tercera persona
- Atraco o robo
- Otra

En la situacion del indidente, pudo acceder a auxilo inmediato?

- Siempre
- Casi siempre
- A veces
- Casi nunca
- Nunca

De quien recibió el auxilio en su emergencia?

- Familiares
- Agentes de trancito
- Tranceúntes
- Paramedicos
- Otros

De quien recibió el auxilio en su emergencia?

- Familiares
- Agentes de tránsito
- Tranceúntes
- Paramédicos
- Otros

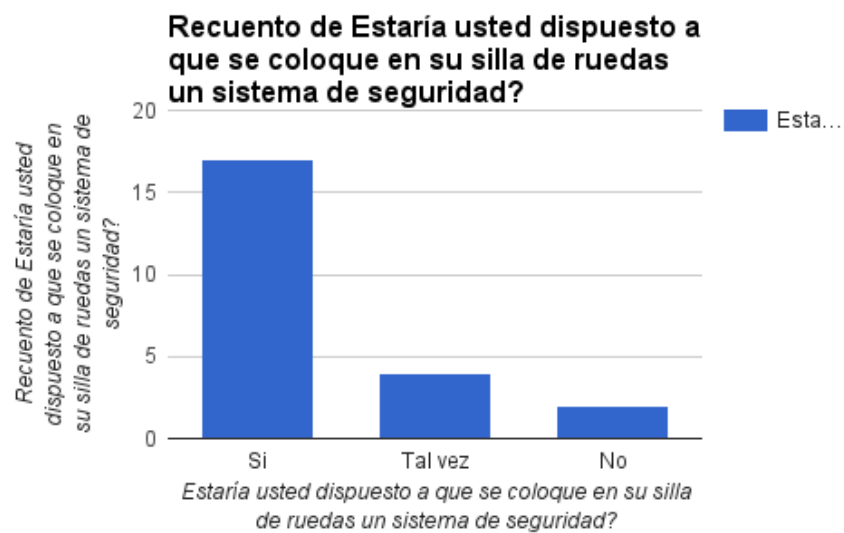
Estaría usted dispuesto a que se coloque en su silla de ruedas un sistema de seguridad?

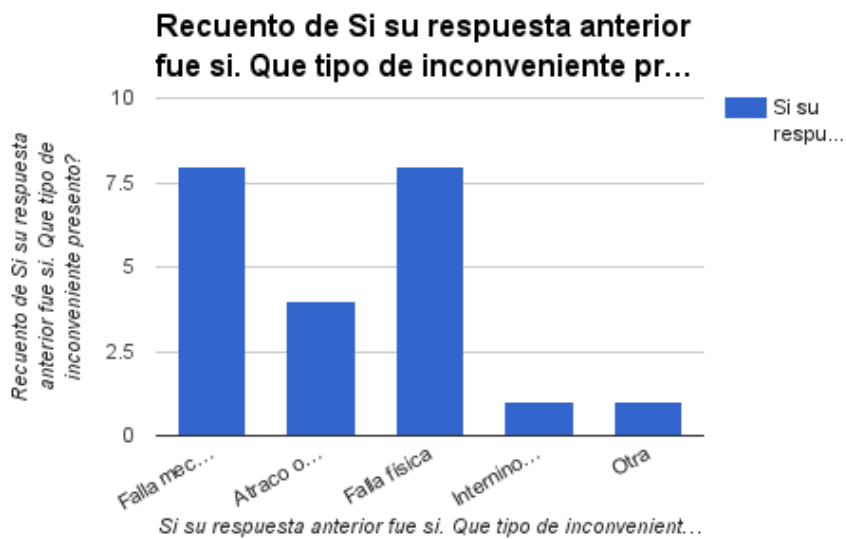
El sistema de seguridad le ayudará a tener un control y monitoreo constante de su ubicación y un sistema de control que permita saber si usted se cayó, desmayó, presenta un exceso de velocidad, en caso de choque y un botón de pánico para emergencias controladas.

- Si
- No
- Tal vez

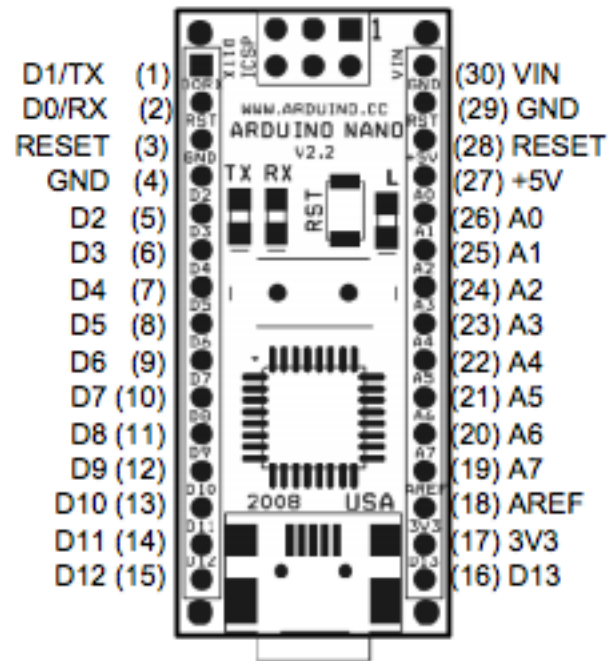
Enviar

ANEXO II. Resultados de la encuesta





ANEXO III. Datasheet Arduino nano

Arduino Nano Pin Layout

Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

ANEXO IV. Programa del sistema de control en Arduino

```
#include <math.h>
#include <TimerOne.h>
const int xpin = A1;
const int ypin = A2;
const int zpin = A3;
const int vel = A0;
const int alarma = 9;
const int panico = 10;
int alarmas = 0;
int xVal = 0;
int yVal = 0;
int zVal = 0;
int velocidad = 0;
int t1 = 0; //t1: tiempo de 5 min
int t2 = 0; //t2: tiempo de 1 min
int t3 = 0; //t3: tiempo de 2 min
int t4 = 0; //t4: tiempo de envio
int ta = 5; //t1: tiempo de 5 min alarma estática
int tb = 1; //t2: tiempo de 1 min alarma inclinación
int tc = 2; //t3: tiempo de 2 min alarma velocidad
int tm = 60; //tm: 60 para conteo de minutos
int enviar = 0;
int p1, p2;
double Y = 0;
double X = 0;
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(13, OUTPUT);
    pinMode(alarma, OUTPUT);
    pinMode(panico, OUTPUT);
    Timer1.initialize(100000);
    Timer1.attachInterrupt( timerlSr );
```

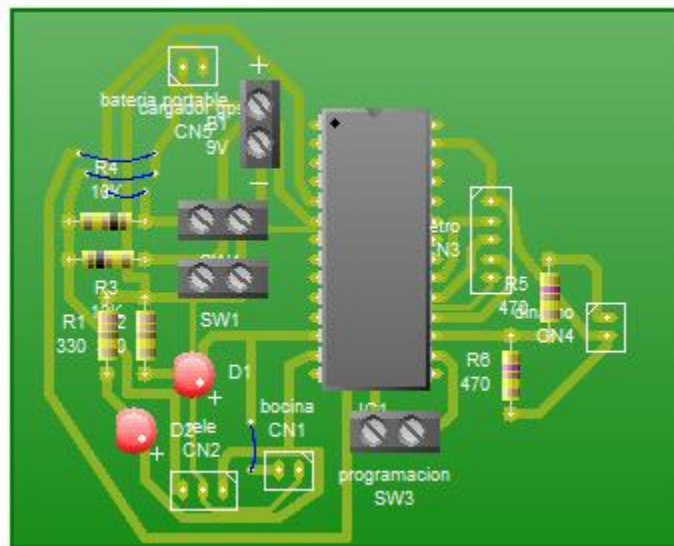
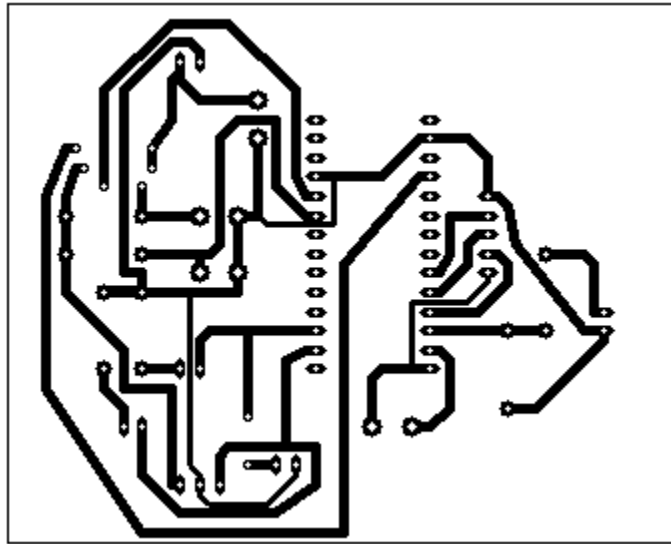
```
}  
void inclinacion()  
{  
  xVal = analogRead(xpin);  
  yVal = analogRead(ypin);  
  zVal = analogRead(zpin);  
  velocidad = analogRead(vel);  
  Y = atan((double)yVal / (double)zVal);  
  Y = Y * (57.2958);  
  X = atan((double)xVal / (double)zVal);  
  X = X * (57.2958);  
  Serial.write("y:");  
  Serial.println(Y);  
  Serial.write("x:");  
  Serial.println(X);  
  Serial.write("Velocidad:");  
  Serial.println(velocidad);  
  Serial.write("tiempo:");  
  Serial.println(t1);  
}  
void lectura()  
{  
  p1 = digitalRead(2);  
  p2 = digitalRead(3);  
  if (p1 == 0)  
  {  
    digitalWrite(panico, LOW);  
    digitalWrite(alarma, LOW);  
    t1 = 0;  
    alarmas = 0;  
  }  
  if (p2 == 0)  
    digitalWrite(panico, HIGH);  
}
```

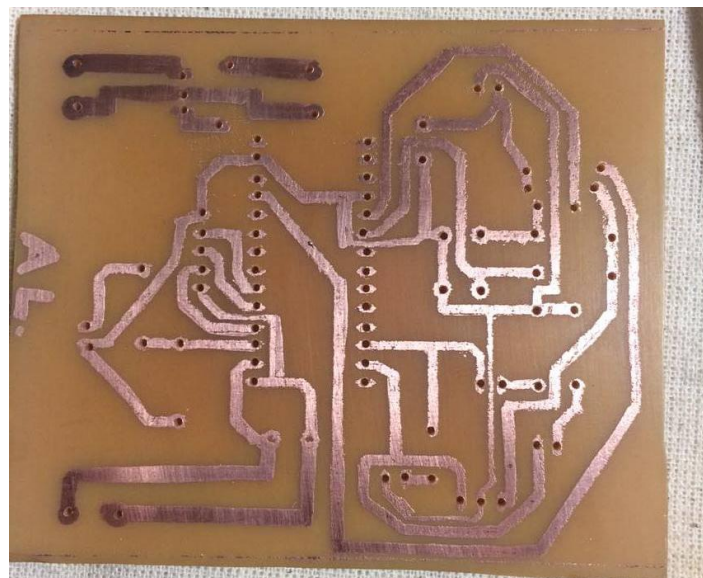
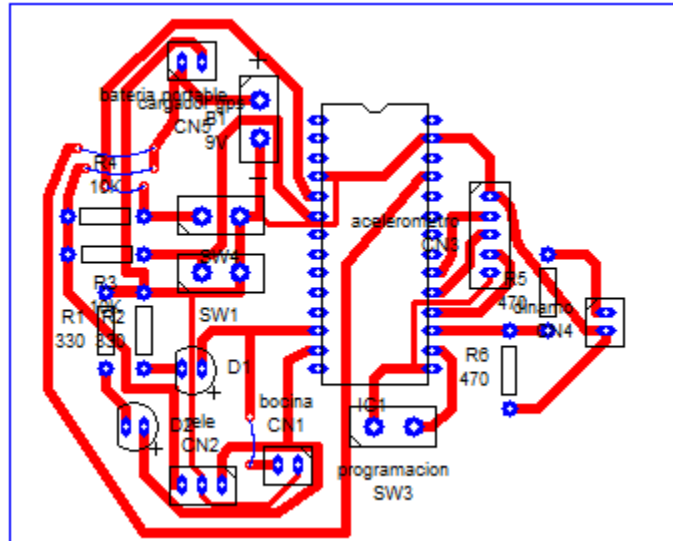
```
void loop()
{
  if (enviar == 1)
  {
    inclinacion();
    lectura();
    enviar = 0;
  }
}
```

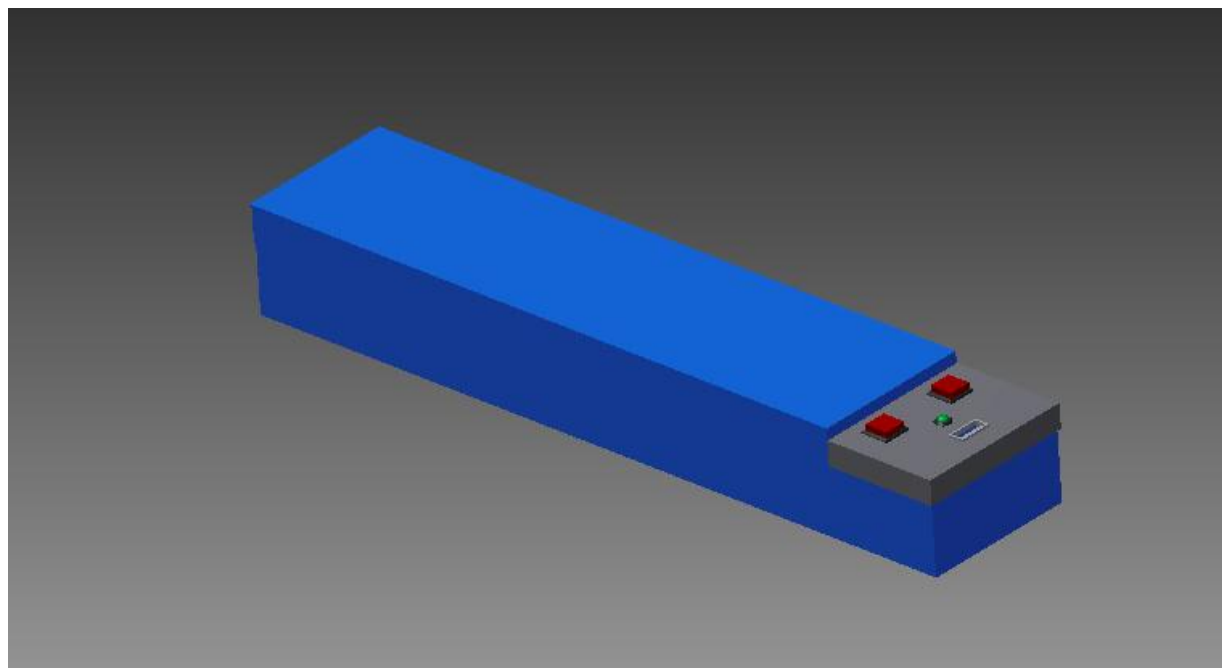
```
void timerlsr()
{
  digitalWrite( 13, digitalRead( 13 ) ^ 1 );
  enviar = 1;
  if (X > 30)
  {
    t2++;
    if (t2 >= (tb * tm * 10))
    {
      digitalWrite(panico, HIGH);
      t2 = 0;
    }
  }
  else
    t2 = 0;
  if (velocidad < 40)
  {
    t1++;
    if (t1 >= (ta * tm * 10))
    {
      digitalWrite(alarma, HIGH);
      t1 = 0;
      alarmas++;
    }
  }
}
```

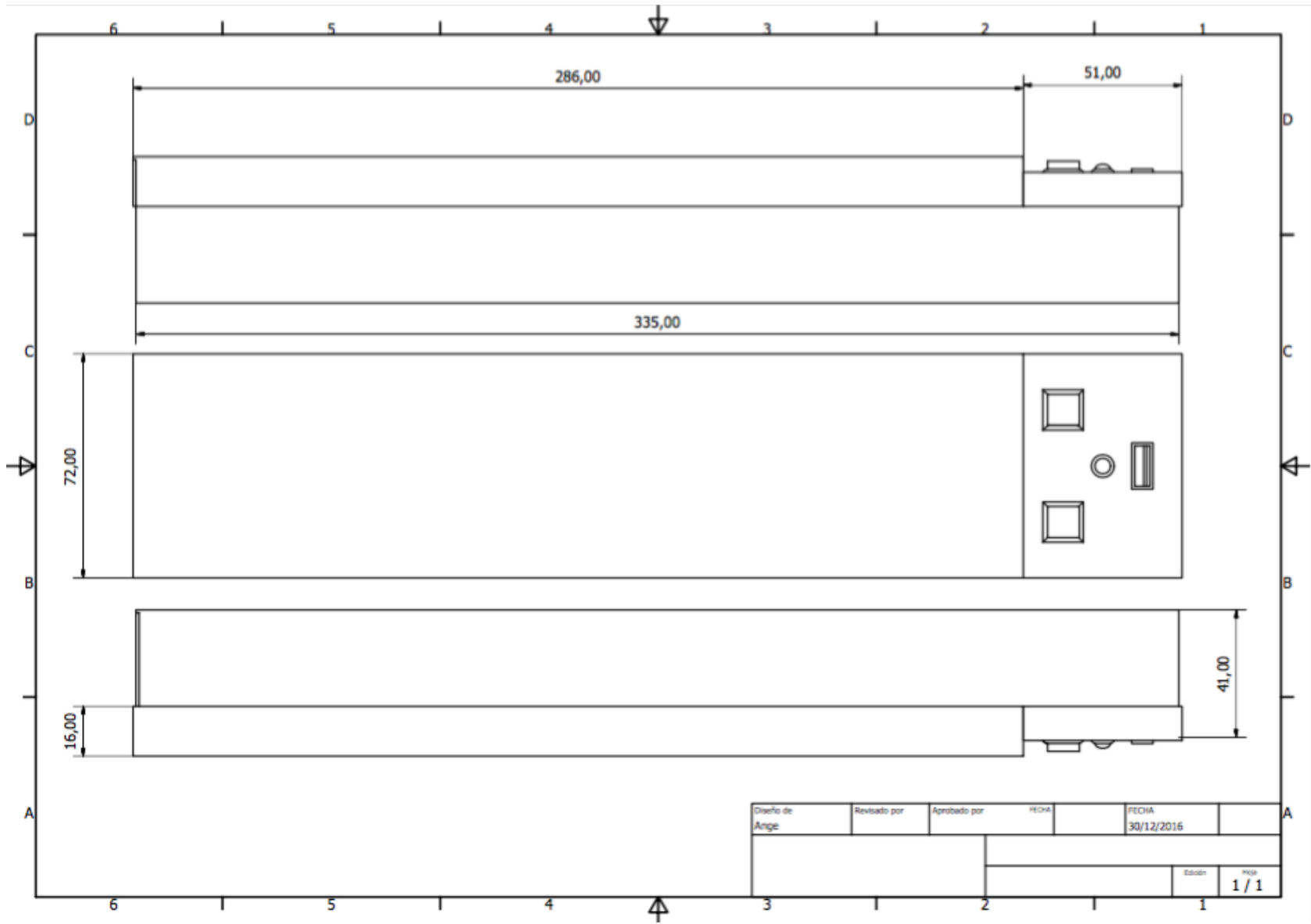
```
    if (alarmas >= 3)
        digitalWrite(panico, HIGH);
    }
}
else
{
    if (velocidad > 540)
    {
        t3++;
        if (t3 >= (tc * tm * 10))
        {
            digitalWrite(panico, HIGH);
            t3 = 0;
        }
    }
    else
    {
        t1 = 0;
        t3 = 0;
    }
}
}
```

ANEXO V. Diseño de placa





ANEXO VI. Planos del apoya brazos de la silla.



ANEXO VII. Manual del gps traker TK102B**GSM/GPRS/GPS TRACKER
MANUAL TK-102B****Introducción.**

Gracias por comprar del equipo Tracker. Este manual muestra cómo utilizar el dispositivo sin problemas y correctamente. Asegúrese de leer este manual cuidadosamente antes de usar este producto. Tenga en cuenta que la especificación y la información están sujetas a cambios sin previo aviso en este manual. Cualquier cambio se integrará en la última versión. El fabricante no asume ninguna responsabilidad por cualquier error u omisión en este documento.

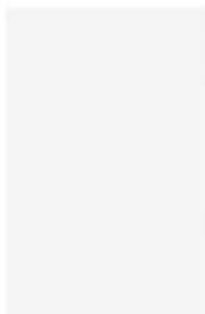
Trabajo Sobre la base de la red existente GSM / GPRS y los satélites GPS, este producto puede localizar y realizar el seguimiento de posibles objetivos a distancia por SMS o Internet.

2 Aplicaciones.

- Alquiler de vehículos / etc Gestión de la flota.
- Potente imán a prueba de agua, absorción en el lugar oculto de coche.
- Proteger a los niños / los viejos / el etc discapacitados / mascotas.

3 Descripción de la unidad.

3.1 Cara frontal

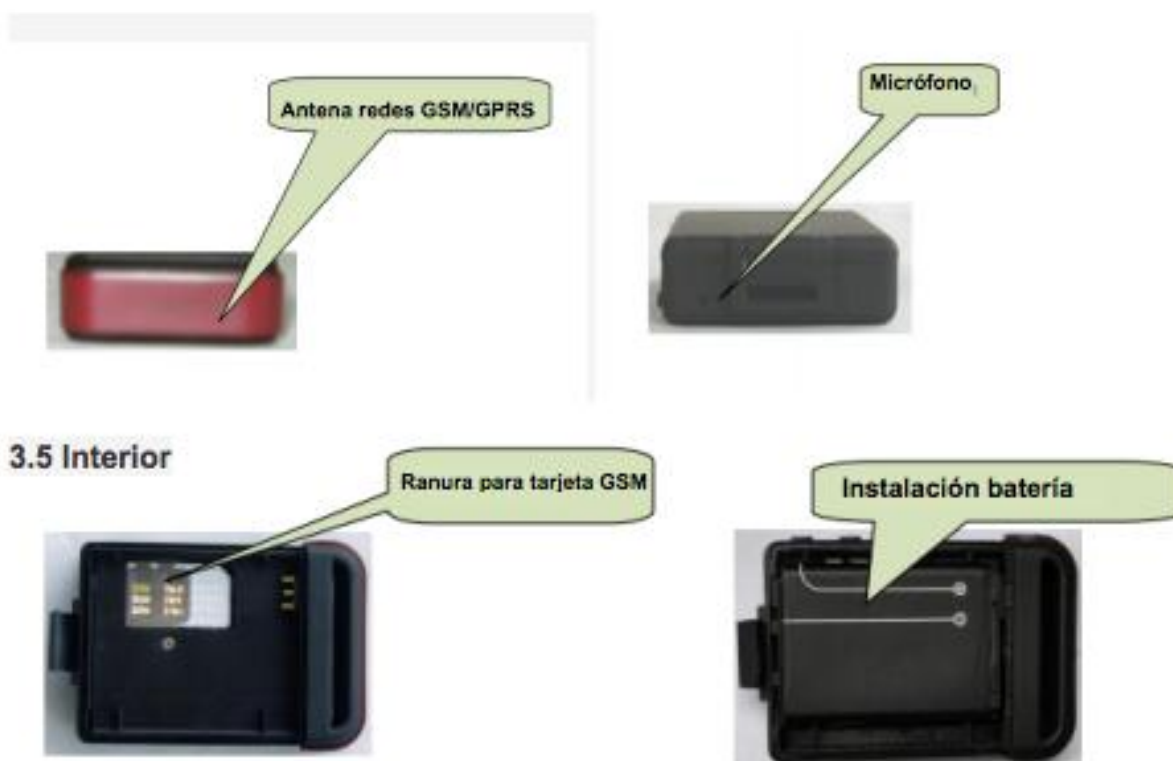


3,2 cara posterior



3.3 lado de la cara





4 Datos

Comentario	Especificación
Dimensión	64 mm x 46 mm x 17 mm
Peso	50 g
Red	GSM/GPRS
Banda	850/900/1800/1900Mhz
Chip GPS	ChipSIRF3
Sensibilidad GPS	-159dB
Error GPS	5 m
Tiempo a la conexión	Conexión primera 45 s Reconexión 35 s Desvanecimiento conexión 1 s
Cargador de coche	12–24V alimentación DC 5V Salida DC
Alimentación eléctrica	110–220V alimentación AC 5V Salida DC
Batería	Batería recargable 3.7V 800mAh Li-ion
Tiempo en espera	80 horas
Temperatura máxima	85 °C
Temperatura mínima	-40 °C
Temperatura de trabajo	-20 °C a 55°C
Humedad	5% a 95% en condensación