

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

ARCADE A PEDALES

Trabajo de titulación para optar al Título de
TÉCNICO UNIVERSITARIO EN ENERGÍA
RENOVABLES Y TÉCNICO UNIVERSITARIO EN
ELECTRÓNICA

Alumnos:

Rafael Farias Arancibia

Diego Jara Bernal

Profesor Guía:

Mag. Ing. Vanessa Mella Lorca

Ing. José Llantén Álvarez

RESUMEN EJECUTIVO

KEYWORDS: RASPBERRY PI – ENERGÍA FOTOVOLTAICA – ENERGÍA MECÁNICA - ARDUINO.

El presente proyecto tiene como objetivo estudiar, recrear y alimentar con energías renovables una máquina Arcade. La forma de energización será mediante baterías, estas baterías serán cargadas por paneles solares y por un motor eléctrico, que se utilizará como generador, acoplado a una bicicleta estática. Para comenzar a jugar se debe pedalear y recorrer un kilometraje establecido, al terminar la distancia se generará de forma automática una ficha virtual en la consola para comenzar a ocupar la Máquina Arcade. De este modo se propondrá estudiar y aprovechar un sistema de cogeneración de energía. Esto es referido a que se transformará energía mecánica, generada por el pedaleo de una bicicleta, en energía eléctrica utilizando un motor eléctrico de un scooter. Y, además, se utilizará energía fotovoltaica a la vez, proporcionando dos fuentes intermitentes de energía eléctrica que se complementan para recargar una batería, lo cual permitirá abastecer de energía al Arcade sin necesidad de estar conectada a la red eléctrica.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO 2

1.1.	PROBLEMÁTICA	3
1.2.	ALTERNATIVAS PARA ABORDAR EL PROBLEMA	4
1.2.1.	Oportunidades de enseñanza obligatorias que entrega la universidad	4
1.2.2.	Talleres y actividades extraprogramáticos de punto de encuentro USM	5
1.3.	SOLUCIÓN PROPUESTA PARA ENFRENTAR LA PROBLEMÁTICA “ARCADE A PEDALES”	6
1.4.	FUNCIONES PRINCIPALES DEL SISTEMA DE ENTRETENIMIENTO “ARCADE A PEDALES”	7
1.5.	OBJETIVOS DEL PROYECTO	8
1.5.1.	Objetivo general	8
1.5.2.	Objetivos específicos por integrante	8
1.6.	ANTECEDENTES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.6.1.	Sistema de producción de energía eléctrica por medio de la interacción humana y solar	9
1.6.2.	Número de revoluciones generadas y peso promedio	10
1.6.3.	Potencia Mecánica Generada	11
1.6.4.	Sistema de generación a través de la bicicleta	13
1.7.	DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA	14
1.8.	COMPONENTES DE UNA MÁQUINA ARCADE	15
1.8.1.	Carcasa	15
1.8.2.	Raspberry Pi	16
1.8.3.	Botones, Palanca e Interfaz	17
1.8.4.	Pantalla 19” Samsung	19

CAPÍTULO 2:	DISEÑO DEL SISTEMA “ARCADE A PEDALES”	20
2.1.	COMPONENTES DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA	22
2.1.1.	Módulos fotovoltaicos	22
2.1.2.	Regulador de carga	24
2.1.3.	Batería de ciclo profundo	30
2.1.4.	Inversor Fotovoltaico	34
2.1.5.	Componentes de generación mecánica a eléctrica	39
2.1.5.	Selección del acople-generator	42
2.1.6.	Contactor	43
2.2.	DEMANDA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ENTRETENIMIENTO PROPUESTO	47
2.3.	OFERTA ENERGÉTICA SEGÚN LA LOCALIDAD DONDE SE INSTALARÁ EL SISTEMA	48
2.4.	DIMENSIONAMIENTO IDEAL DE COMPONENTES DEL SISTEMA	52
2.4.1.	Control y funcionamiento del conmutador del método de carga	54
2.5.	CONTROL DEL SISTEMA DE ACOPLAMIENTO Y FUNCIONAMIENTO DEL ARCADE	56
2.5.1.	Sistema operativo RECALBOX	57
2.5.2.	Instalación	59
2.5.3.	Control de velocidad	59
2.5.4.	Tiempo de pedaleo	64
2.6.	PLANOS DE MUEBLE ARCADE	67
CAPÍTULO 3:	RESULTADOS	69
3.1.	PRIMEROS INTENTOS “PRUEBA EN ALTERNADOR”	70
3.2.	PRUEBAS DE MOTOR ELÉCTRICO	72
3.2.1.	Pruebas con una batería de 70Ah	74
3.3.	PRUEBAS DE COMPROBACIÓN DEL REGULADOR DE CARGA	76
3.4.	PRUEBAS CONSUMO ENERGÉTICO DE ARCADE	78
3.5.	DIMENSIÓN DE CONDUCTORES NECESARIOS PARA CONEXIÓN	78
3.6.	FLUJO DE ENERGÍA DENTRO DEL SISTEMA CONSIDERANDO LAS EFICIENCIAS DE LOS COMPONENTES	81
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES		82

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	2
Figura 1-2. Esquema Sistema de producción de energía	9
Figura 1-3. Media y Desviación Estandar del Número de Revoluciones	11
Figura 1-4. Media y Desviación Estandar del Peso	11
Figura 1-5. Esquema de Fuerza en el Pedal	12
Figura 1-6. Generador Electromagnético	15
Figura 1-7. Esquema Sistema de producción de energía	15
Figura 1-8. Esquema de comparación de tamaño	16
Figura 1-9. Raspberry Pi 3 b+	17
Figura 1-10. Microswitch Bao- Lian	18
Figura 1-11. Pulsador Concavo Bao-Lian	18
Figura 1-12. Joystick Arcade Bao-Lian	19
Figura 1-13. Interfaz Usb Zero Display	19
Figura 1-14. Monitor LCD Samsung19" Modelo933 HD	19
CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL SISTEMA “ARCADE A PEDALES”	21
Figura 2-1. Descripción de comportamiento de una célula fotovoltaica	23
Figura 2-2. Clasificación de paneles fotovoltaicos según la estructura interna de la célula de silicio	24
Figura 2-3. Módulo fotovoltaico policristalino disponible para prototipo 12Wp	25
Figura 2-4. Módulo fotovoltaico disponible para prototipo 12Wp	25
Figura 2-5. Conexión de equipos al Regulador de Carga Solar	26
Figura 2-6. Estados de carga de una batería plomo ácido	27
Figura 2-7. Regulador de carga PWM y MPPT	28
Figura 2-8. Curva Intensidad vs Voltaje comparativa de rendimiento reguladores de carga MPPT y PWM	30
Figura 2-9. Regulador de carga solar 10 A	30
Figura 2-10. Batería 12V 20AH	34
Figura 2-11. Esquema de funcionamiento del inversor. Entra CC y sale CA.	35

Figura 2-16. Motor ZYWH-252A	40
Figura 2-17. Bicicleta estática	42
Figura 2-18. Bicicleta estatica Proteus mag cycle 1.3	42
Figura 2-19. Acoplamiento por Roce del Generador	44
Figura 2-20. Contactor eléctrico	44
Figura 2-21. Simbología del contactor eléctrico	45
Figura 2-22. Contactor eléctrico con contactos auxiliares	46
Figura 2-23. Contactor Eléctrico LC1D328D Scheider Electric	47
Figura 2-24. Explorador Solar, sector Canal Chacao	49
Figura 2-25. Tipos de Radiación Solar	51
Figura 2-26. Radiación Anual en Canal Chacao	52
Figura 2-27. Radiación Anual horizontal en Canal Chacao	52
Figura 2-29. Diagrama de Conexión del Banco de Baterías	55
Figura 2-30. Lógica del conmutador	56
Figura 2-31. Diagrama de etapas de Cogeneración de energía	56
Figura 2-32. Diagrama de conexión de Contactores	57
Figura 2-33. Logo de Recalbox	58
Figura 2-34. Arduino uno	60
Figura 2-35. Esquema Campo Magnético Sensor Efecto Hall	61
Figura 2-36. Módulo Sensor de Campo Magnético Lineal Efecto Hall Modelo KY024	62
Figura 2-37. Esquema conexión Arduino	62
Figura 2-38. Programación número de vueltas	63
Figura 2-39. Programación distancia recorrida	64
Figura 2-40. Programación número de vueltas	64
Figura 2-41. Muestra de velocidad y distancia	65
Figura 2-42. Programación cronómetro	65
Figura 2-43. Cronómetro y relé	66
Figura 2-44. Programación generadora de ficha	66
Figura 2-45. Generación de Ficha Virtual	67
CAPÍTULO 3: RESULTADOS	69

Figura 3-5. Batería 12V 70AH	74
Figura 3-6. Batería 12V 5Ah	77
Figura 3-7. Diagrama Unilineal del sistema Arcade a Pedales	81
Figura 3-8. Flujo de energía escenario 1	82
Figura 3-9. Flujo de energía escenario 2	82
Figura 3-10. Bicicleta de ruta para trabajos futuros	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Muestreo de Personas Promedio	10
Tabla 1-2. Especificaciones Técnicas del Monitor 19"	20
Tabla 2-1. Especificaciones Técnicas del Regulador de carga solar Steca PR3'030	31
Tabla 2-2. Especificaciones Técnicas de Batería 12V 20AH	35
Tabla 2-3. Especificaciones técnicas del inversor solar	39
Tabla 2-4. Especificaciones técnicas del motor scooter a utilizar	41
Tabla 2-5. Características técnicas de acoples	43
Tabla 2-6. Especificaciones Técnicas Contactor LC1D328D	47
Tabla 2-7. Consumo de Energía en una hora de máquina Arcade	48
Tabla 2-8. Diferencias entre STC y NOCT	50
Tabla 2-9. Tabla demanda energética vs oferta energética	54
Tabla 3-1. Rendimiento Generación de Energía con Alternador	71
Tabla 3-2. Resultados prueba Motor Eléctrico	73
Tabla 3-3. Comparación Voltaje inicial vs Voltaje final de la batería	74
Tabla 3-4. Especificaciones Batería 12V 70AH	75
Tabla 3-5. Resultado de pruebas	76
Tabla 3-6. Prueba batería 12V 5Ah	77
Tabla 3-7. Monitoreo de descarga de voltaje en la batería al conectar el consumo	79

INTRODUCCIÓN

En las próximas páginas el lector tiene la posibilidad de sumergirse en temáticas tales como la generación de energía eléctrica a partir del sol o del pedaleo. También podrá visualizar las diferentes funciones que puede desempeñar Arduino al momento de implementar sistemas. En este proyecto, el modelo Raspberry pi 3b+ fue utilizado para replicar una máquina de entretenimiento electrónico llamada “Arcade Bartop”. Además, se utilizó “Arduino uno” para ejecutar funciones como cronómetro, contador de distancia, velocidad recorrida, generación de fichas virtuales para la consola a través del pedaleo, controlador de compuertas lógicas, etc. El objetivo general de esta investigación es diseñar un sistema de entretenimiento que permita al usuario practicar juegos para desarrollar la capacidad física, satisfacer la necesidad de entretenimiento digital y a la vez, generar energía eléctrica que alimente dicho sistema. Se propone alcanzar el objetivo general a través de abordar distintos objetivos específicos por integrante en congruencia con las habilidades técnicas de cada uno de los miembros del equipo. Las conversaciones reflexivas que iniciaron esta investigación surgieron al deslumbrar la posibilidad de interceptar campos de competencias entre estudiantes técnicos de electrónica y energías renovables. Dichas conversaciones generaron un cambio de mirada respecto a cómo abordar el fenómeno de redactar el trabajo de título, ya que las miradas convencionales para abordar este tipo de investigaciones apuntan a proceder solo o en compañía de algún compañero de la misma carrera. La perseverancia y la motivación de aprender de los conocimientos técnicos del otro, hace posible afrontar la solución del problema con más recursos, desde una perspectiva más amplia.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se abordará la problemática sobre por qué es necesario buscar formas innovadoras de motivar a los estudiantes sedentarios en un ambiente universitario a desear practicar acondicionamiento físico, en este caso, a través del pedaleo en una bicicleta estática, cuya recompensa inmediata serán fichas virtuales para ocupar en una consola de videojuegos. Se busca una solución alternativa no convencional.

1.1. PROBLEMÁTICA

PROBLEMÁTICA PARA ABORDAR: “¿Cómo motivar a estudiantes universitarios sedentarios a practicar juegos para mejorar su capacidad física en ambientes universitarios?”

Se busca impactar en la calidad de vida de los alumnos sedentarios, ofreciéndoles recursos de enseñanza apropiados a sus intereses particulares.

Existe una gran cantidad de estudiantes presentes en la sede JMC, los cuales perciben el deporte como algo no deseable. Quizás por los métodos de enseñanza impartidos en la institución formal tradicional, que ligan el juego primordialmente con la competencia -la negación del otro-, dejando en un segundo plano, el alentar prácticas colaborativas y alejándolos del deseo espontáneo de jugar. Todos los animales juegan, pero solo algunos conservan la capacidad juvenil de jugar una vez llegados a la edad adulta.

De esta forma, los alumnos pasan por asignaturas obligatorias de su malla académica tales como, actividad formativa I y II, no deseando estar ahí. En consecuencia, algunos alumnos pasan por un proceso de enseñanza, el cual no generará aprendizaje de nuevos hábitos saludables respecto a la actividad física diaria recomendada para mantenerse saludable en el tiempo, ya que el estudiante transita por estas oportunidades de enseñanza sin una actitud lúdica -actitud estrechamente ligada a los comportamientos de exploración y de curiosidad- que constituye el motor de aprendizaje y del descubrimiento en el hombre. Por lo cual, la enseñanza

en esta población cercana a la cultura de los videojuegos y alejada de la matriz deportiva que ofrece la institución.

Se busca impactar en los alumnos sedentarios presentes en la JMC, entregándoles oportunidades de enseñanzas eficaces (entendiendo por eficaz, una forma de lograr un resultado pretendido, pero utilizando los recursos apropiados), que los inviten a retomar sus bicicletas abandonadas en casa. Para ello se propone un sistema de entretenimiento compuesto por una bicicleta estática y una consola de videojuegos, que interactúan mutuamente, buscando generar un interés en el público de jugadores sedentarios, invitando a pedalear y recompensando por ello con fichas virtuales para usar en la consola de videojuegos. De esta forma se busca instalar una actitud lúdica en sus juegos orientados a desarrollar la capacidad física del usuario, enfatizando en recompensar los esfuerzos con un estímulo virtual que le sea familiar y deseable.

1.2. ALTERNATIVAS PARA ABORDAR EL PROBLEMA

Hoy en día, la institución cuenta con diversas formas para enfrentar el problema del sedentarismo en los jóvenes alumnos universitarios. Entre las formas que generan mayor impacto en la salud del estudiante, se puede nombrar dos tipos de actividades: Las oportunidades de enseñanza obligatorias que entrega la universidad (presentes en la malla curricular de la formación técnica del estudiante) y los talleres extraprogramáticos. Hoy en día, la institución cuenta con diversas formas para enfrentar el problema del sedentarismo en los jóvenes alumnos universitarios. Entre las formas que generan mayor impacto en la salud del estudiante, se puede nombrar dos tipos de actividades: Las oportunidades de enseñanza obligatorias que entrega la universidad (presentes en la malla curricular de la formación técnica del estudiante) y los talleres extraprogramáticos.

1.2.1. Oportunidades de enseñanza obligatorias que entrega la universidad

Todas las carreras técnicas presentes en la USM JMC exigen rendir 2 asignaturas obligatorias de acondicionamiento físico para lograr titularse con éxito.

Dichas asignaturas, tienen como eje fundamental, impactar en el bienestar psicosocial del alumnado a través de instalar habilidades de acondicionamiento físico, promoviendo una vida saludable.

Por su parte los alumnos de primer año cursan Actividad formativa I, la cual busca promover estrategias para aumentar la actividad física en los alumnos. Los tipos de ejercicios que se impulsan son: ejercicios de resistencia, ya que fortalecen el sistema cardiovascular y respiratorio; ejercicios de fuerza que aumentan la capacidad de trabajo, desarrollan la musculatura y mantienen la postura corporal; ejercicios de flexibilidad, que aumentan la amplitud de movimientos y disminuye el riesgo de lesiones articulares y los ejercicios de velocidad que mejoran la capacidad de movimientos rápidos, ágiles y preparar al cuerpo para reaccionar con velocidad.

En el 3er semestre de las mallas curriculares de las carreras técnicas, se imparte Actividad formativa II, la cual tiene un enfoque más global y busca que los alumnos se integren en la matriz cultural de las ramas deportivas que ofrece la universidad, tales como:

Básquetbol, fútbol, voleibol, handball, rugby, etc.

1.2.2. Talleres y actividades extraprogramáticos de punto de encuentro USM

Por otra parte, la USM se ha encargado de entregar una cartelera diversa de talleres extraprogramáticos a través de una sección de bienestar estudiantil llamada punto de encuentro. Dichos talleres son ejecutados en horario protegido (11.20 a 13.00 hrs) los días martes y jueves permanentemente en el semestre. La asistencia a estos talleres es voluntaria.

Talleres que impactan en combatir el sedentarismo serían algunos de los siguientes:

Ciclismo, karate, Yoga, Baile, etc.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados desde la institución para orientar a los alumnos

En consecuencia, una vez aprobadas las asignaturas de actividad formativa I & II, vuelven a sus hábitos sedentarios. En este caso, la enseñanza no produjo aprendizaje en el alumno. Se propone abordar el problema desde la innovación tecnológica y desde estímulos familiares y deseables para específicamente esa población que disfruta de los videojuegos, buscando reforzar la enseñanza obligatoria a través de camuflar acondicionamiento físico, estimulando el esfuerzo con una recompensa inmediata, fichas gratis para jugar en una consola de videojuegos tras pedalear un determinado tiempo.

1.3. SOLUCIÓN PROPUESTA PARA ENFRENTAR LA PROBLEMÁTICA “ARCADE A PEDALES”

La solución propuesta busca impactar significativamente en la actitud lúdica hacia el acondicionamiento físico, en jóvenes sedentarios universitarios entre 18 a 24 años. Para ello se propone un sistema de entretenimiento que tendrá por nombre “Arcade a pedales” compuesto por una consola de videojuegos y una bicicleta estática.

Con este sistema de entretenimiento, se busca instalar habilidades de acondicionamiento físico en nuestro público objetivo sedentario; entregando una recompensa inmediata, familiar y deseable, como lo serían fichas gratuitas para jugar en la consola de videojuegos, tras realizar un esfuerzo físico a través del pedaleo en un intervalo de tiempo por definir.

La maqueta que se representa en la figura 1-1 se desarrolló en la Sala de percusiones de la Universidad Federico Santa María Sede de Viña del Mar, con el apoyo guía de docente de las carreras T.U. Electrónica y T.U. Energías Renovables mientras transcurre el proceso de paralización estudiantil 2019.

Los componentes del sistema propuesto fueron en su mayoría componentes con los que el equipo de trabajo contaba anteriormente como, por ejemplo: el módulo fotovoltaico, regulador de carga y batería obtenidos en capacitaciones anteriormente realizadas de energía fotovoltaica vía SENCE, por lo cual, las dimensiones de dichos componentes no están necesariamente escaladas al diseño del proyecto, sin embargo, en términos prácticos, funcionarán para cumplir con los objetivos planteados. La figura 1-1 esquematiza en forma global las interacciones



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-1. Esquema de funciones principales del sistema de entretenimiento propuesto
"Arcade a pedales"

1.4. FUNCIONES PRINCIPALES DEL SISTEMA DE ENTRETENIMIENTO "ARCADE A PEDALES"

El sistema mecatrónico propuesto, busca ejecutar 2 funciones principales:

- Función A, "satisfacer sus necesidades energéticas a través de fuentes de energías intermitentes":

Se propone un sistema de generación de energía eléctrica a partir de bicicleta estática y paneles fotovoltaicos. La energía generada de forma complementaria se almacena en baterías de carga profunda, buscando satisfacer en su totalidad las necesidades energéticas de la máquina arcade.

- Función B, "Generar fichas a través del pedaleo": Sistema de generación de fichas virtuales, a través de Arduino UNO, para usar en la consola de videojuegos tras pedalear

1.5. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Se busca entrelazar la matriz cultural del acondicionamiento físico con la matriz cultural humana del mundo de los videojuegos, ya que, en nuestra experiencia son mundos que no suelen interceptarse. En consecuencia, la matriz de los videojuegos, suele genera adultos sedentarios, con problemas de salud a largo plazo y con falencias en sus habilidades blandas y motrices. Para tener una idea clara y definida de lo que se desea lograr a través de este estudio, se ha establecido un objetivo general y objetivos específicos por integrante. Estos serán la principal guía para el desarrollo de este trabajo.

1.5.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de entretenimiento que permita al usuario practicar juegos para desarrollar la capacidad física, satisfacer la necesidad de entretenimiento digital y a la vez, generar energía eléctrica que alimente dicho sistema.

1.5.2. Objetivos específicos por integrante

A continuación, se revisarán los objetivos específicos por integrante.

1.5.2.1. Objetivos Específicos de Rafael Farias (T.U. Energías Renovables)

- Dimensionar un sistema de cogeneración de energía, mediante la transformación de la energía mecánica y fotovoltaica off grid, en energía eléctrica, que satisfaga las necesidades energéticas del proyecto.
- Modificar la estructura de una bicicleta estática para transformar y almacenar la energía mecánica en eléctrica.

1.5.2.2. Objetivos Específicos de Diego Jara (T.U. Electrónica)

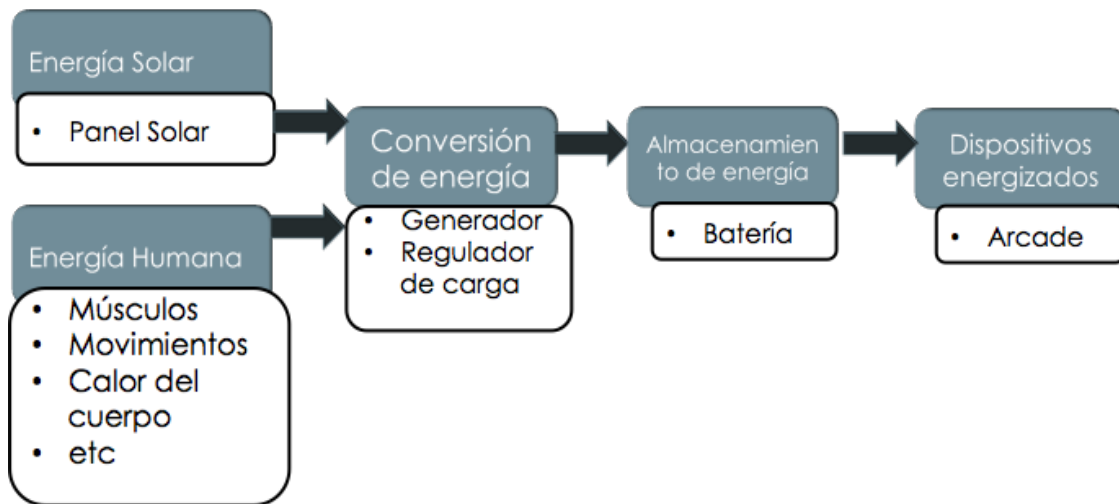
- Diseñar, implementar y realizar pruebas a la estructura de una bicicleta estática para transformar y almacenar la energía mecánica en eléctrica.

1.6. ANTECEDENTES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

Se analizarán los estudios previos realizados al proyecto.

1.6.1. Sistema de producción de energía eléctrica por medio de la interacción humana y solar

Para entenderlo en mejor forma se dividirá en etapas como lo indica el siguiente esquema de la Figura 1-2.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-2. Esquema Sistema de producción de energía

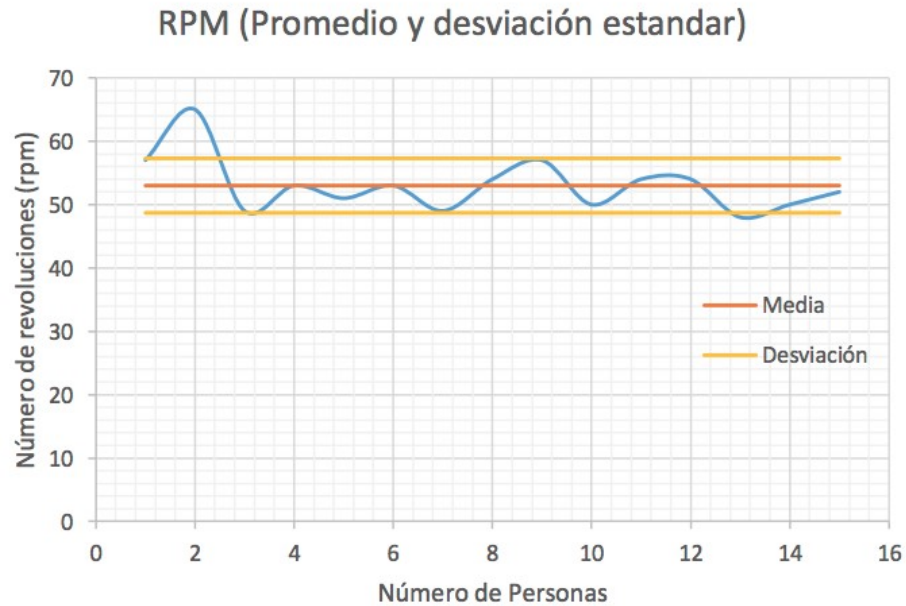
Lo primero que se debe encontrar es la o las fuentes de energía que se utilizarán, en el caso a estudiar será solar y humana, luego viene la elección entre los distintos métodos de conversión

Para el diseño del mecanismo es necesario conocer el número de revoluciones y el peso más frecuente, es por esto que según los estudios realizados en la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, quienes tomaron una muestra de 15 personas con condiciones físicas promedio, como lo muestra la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Muestreo de Personas Promedio

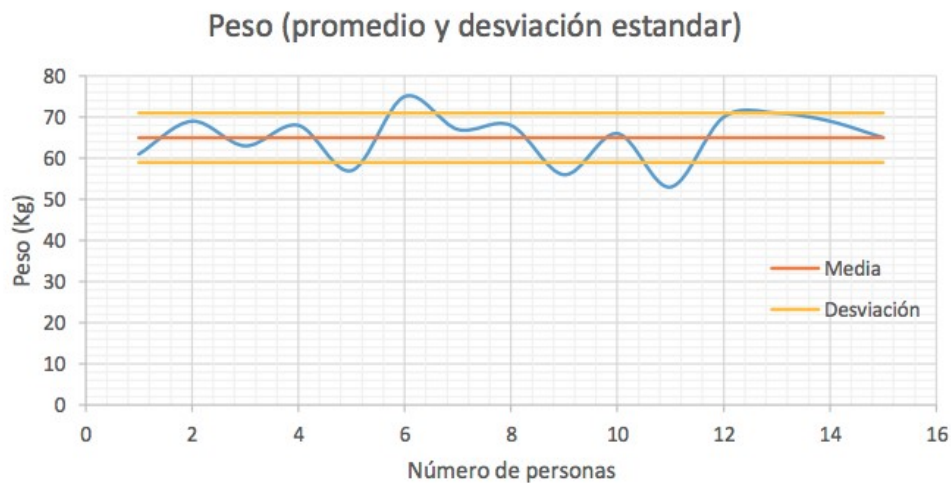
	Edad (Años)	Peso(Kg)	RPM(Rev/Min)
1	35	61	57
2	24	69	65
3	15	63	49
4	24	68	53
5	18	57	51
6	47	75	53
7	47	67	49
8	23	68	54
9	22	56	57
10	22	66	50
11	19	53	54
12	35	70	54
13	37	71	48
14	31	69	50
15	17	65	52

calculó la desviación estándar en la figura 1-3 (Respecto a las RPM) y Figura 1-4 (Referente al peso). Información relevante para tener conciencia de la fluctuación respecto a la media aritmética, $S_{rev} = 4,3 \text{ rpm}$ y $S_{peso} = 6,1 \text{ kg}$.



Fuente: [0]<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9245/6/UPS-KT01150.pdf>

Figura 1-3. Media y Desviación Estandar del Número de Revoluciones



Fuente: [0]<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9245/6/UPS-KT01150.pdf>

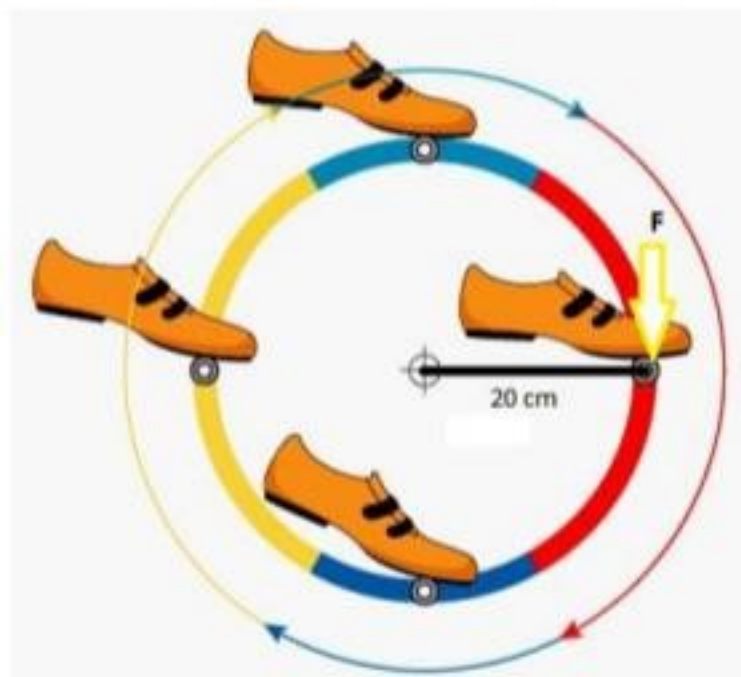
Figura 1-4. Media y Desviación Estandar del Peso

1.6.3. Potencia Mecánica Generada

El funcionamiento mecánico de una bicicleta estática requiere de un esfuerzo físico ejercido sobre un par de pedales con las piernas (músculos de mayor potencia en el cuerpo humano).

En el caso de una bicicleta estática, posee solo una rueda delantera, la cual tendrá contacto directo por efectos del roce para transmitir la energía mecánica del pedaleo y transformarla en energía eléctrica gracias al motor eléctrico de Corriente continua utilizado en el proyecto.

La potencia mecánica en promedio generada dependerá de la fuerza ejercida sobre el pedal, la medida de la distancia de los pedales y el promedio de la velocidad angular con la cual el usuario puede sostener un pedaleo durante al menos unos minutos. La figura 1-5 ilustra la dinámica del pedaleo de un usuario.



Fuente: [https://trello-](https://trello-attachments.s3.amazonaws.com/5c9135d140acde2040807694/5d044ec19d374273f0f72f3f/12570ea69b7aef552c0793936ae940ea/GENERACION_DE_ELECTRICIDAD_A_PARTIR_DE_BICICLETAS_ESTATICAS.pdf)

[attachments.s3.amazonaws.com/5c9135d140acde2040807694/5d044ec19d374273f0f72f3f/12570ea69b7aef552c0793936ae940ea/GENERACION_DE_ELECTRICIDAD_A_PARTIR_DE_BICICLETAS_ESTATICAS.pdf](https://trello-attachments.s3.amazonaws.com/5c9135d140acde2040807694/5d044ec19d374273f0f72f3f/12570ea69b7aef552c0793936ae940ea/GENERACION_DE_ELECTRICIDAD_A_PARTIR_DE_BICICLETAS_ESTATICAS.pdf)

Para determinar la potencia se obtendrá el torque generado, utilizando la distancia de 170 mm, que es la medida del pedal de la bicicleta estática que se utilizará durante el proyecto.

$$T = F * d \text{ [Nm]}$$

Ecuación 0-1 TORQUE donde:

T = Torque [Nm]

F= Fuerza [N] (peso

en kg del usuario

promedio)

d= Distancia [m] (medida del pedal)

$$T = (65\text{kg} \times 9,81) * 0,17\text{m}$$

$$T = 108,29 \text{ [Nm]}$$

Se sabe que para conocer la potencia mecánica generada se procede a calcular de la siguiente forma:

$$P = T * \omega \text{ [W]}$$

**Ecuación 0-2 POTENCIA
MECANICA**

P = Potencia [W]

T = Torque [Nm]

ω = velocidad angular $\left[\frac{\text{rads}}{\text{s}}\right]$

$$P = 108,29 \text{ Nm} * 53 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1\text{min}}{60\text{seg}} * \frac{2\pi\text{rad}}{1\text{rev}}$$

$$P = 601 \text{ [W]}$$

La potencia mecánica generada por un usuario promedio es de 601W en el pedaleo. Pero esta energía no es aprovechable en su totalidad, cada interacción en los componentes del sistema

1.6.4. Sistema de generación a través de la bicicleta

El pedaleo humano en modelos adaptados de la bicicleta representa una de las formas más habituales de generar energía eléctrica. Generalmente, el esquema de obtención de energía eléctrica se basa en el uso de un generador electromagnético cuyo rotor gira potenciado por el esfuerzo del pedaleo humano. La energía eléctrica generada mediante pedaleo puede ser utilizada directamente o bien destinarse a la etapa de almacenamiento.

El principal beneficio de la actividad física en este equipo es la posibilidad de ejecutar un entrenamiento cardiovascular de bajo impacto para las articulaciones. Con el uso constante de una bicicleta es posible: tener más aliento y resistencia en la vida cotidiana, bajar la presión, reducir la incidencia de las enfermedades cardiovasculares y mantener siempre activas las articulaciones. También puede llegar a reducir considerablemente el estrés, permite descargar la tensión cotidiana y ayuda a mantenerse en forma más tiempo.

1.6.4.1. Generador Electromagnético

Dispositivos capaces de generar energía eléctrica a partir de energía mecánica. Estos generadores electromagnéticos están formados por dos partes, un estator, que es la parte fija de la máquina, y un rotor, parte móvil que gira dentro del estator, como se puede apreciar en la Figura1-6.

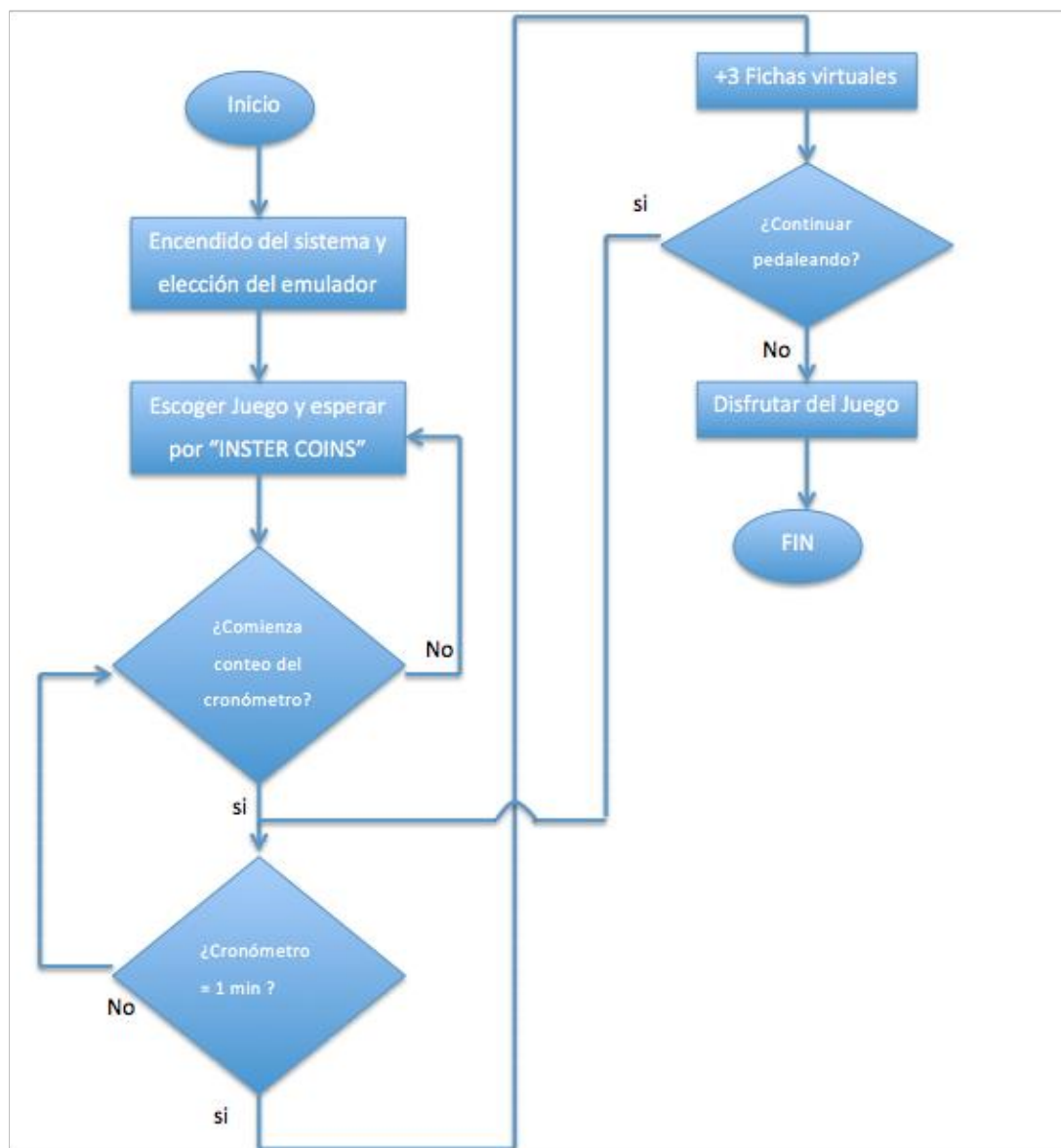
La generación de energía ocurre cuando un conductor o un solenoide atraviesa las líneas de flujo magnético de un imán sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre el estator se produce en él una corriente inducida.



Figura 1-6. Generador Electromagnético

1.7. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA

A continuación, en la Figura 1-7 se realiza una representación gráfica de la secuencia, diagrama de flujo del sistema para entender correctamente el funcionamiento del sistema de generación de fichas:

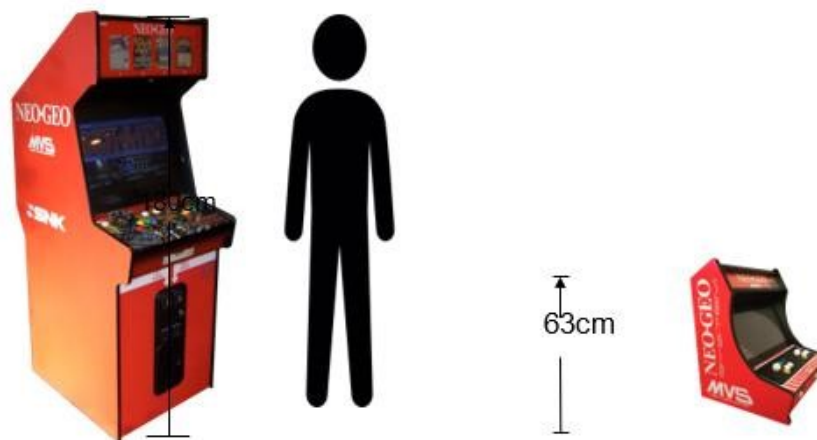


1.8. COMPONENTES DE UNA MÁQUINA ARCADE

Para comprender el diseño de la Consola Arcade se analizará por componentes.

1.8.1. Carcasa

Gracias a los avances tecnológicos la dimensión de tamaño de los procesadores ha disminuido de forma considerable, es por esto que existen varios modelos máquinas arcade, la que se utilizará por comodidad de tamaño es de una “BARTOP”, que es un modelo aproximadamente un tercio del diseño tradicional de un Arcade. En la figura 1-8 se puede ver la comparación de tamaños de los modelos de arcades disponibles.



Fuente: elaboración propia

Figura 1-8. Esquema de comparación de tamaño

1.8.2. Raspberry Pi

simplemente se conecta un mouse y un teclado en sus puertos USB, un monitor mediante su conexión HDMI y se energiza con 5V/2.5A DC mediante un puerto Micro-USB tipo B.

En este proyecto se utilizará el modelo Raspberry Pi 3 B+ que fue lanzando a la venta en Marzo de 2018 con bastantes mejoras respecto a su versión original. Sus especificaciones técnicas son:

- Procesador Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @1.4GHz
- Memoria 1GB LPDDR2 SDRAM
- 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE
- Adaptador USB 2.0 a Gigabit Ethernet (Rendimiento Máximo 300 Mbps)
- Extensión de 40 Pines de entrada y salida de propósito general GPIO
- HDMI
- 4 puertos USB 2.0
- Puerto CSI de cámara para conectar una cámara de Raspberry Pi
- Puerto DSI de pantalla para conectar una pantalla táctil de Raspberry Pi
- Salida estéreo de 4 polos y puerto de video compuesto
- Puerto Micro SD para cargar el sistema operativo y almacenamiento de datos
- Alimentación de entrada 5V/2.5A DC

En la figura 1-9 se observa la tarjeta microcontroladora descrita.



Fuente: https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61RqjtFDdpL._SL1210_.jpg

Figura 1-9. Raspberry Pi 3 b+

1.8.3. Botones, Palanca e Interfaz

En internet actualmente se encuentra una gran variedad de kits arcade, o también se puede comprar cada pieza en específico por si sola. Durante este proceso se optó por pulsadores de distintos colores marca BAO-LIAN, los cuales se ven representados en la figura 1-11. Los pulsadores no tienen ningún circuito electrónico, solo tiene piezas plásticas. Al presionar el pulsador activa el contacto del MicroSwitch BAO-LIAN, conectado entre sus puertos común y NO (Normally Open, normalmente abierto). La figura 1-10 representa el Microswitch Bao-Lian.



Fuente: <https://www.sparkfun.com/products/9506>

Figura 1-10. Microswitch Bao- Lian



Fuente: https://3gelectronics.cl/home_store/pulsadores/111-bl-boton-arcade-tipo-americano-concavo-baolian-azul.html

Figura 1-11. Pulsador Concavo Bao-Lian



Fuente: <https://picclick.co.uk/4-x-Baolian-Korean-Style-Bat-Top-Arcade-121806994161.html#&gid=1&pid=3>

Figura 1-12. Joystick Arcade Bao-Lian

Este Interfaz es una placa capaz de transforma las señales generadas por los MicroSwitches para ser comprendidas por la Raspberry Pi. Actualmente este interfaz es el más utilizado en la fabricación de máquinas Arcade, gracias a su capacidad de 12 botones más los 4 controles del Joystick, también destacar su buena calidad comparado con el precio reducido que posee.



Fuente: <https://www.arcadexpress.com/interfaces/31-315-interfaz-zero-delay-pc-raspberry.html>

Figura 1-13. Interfaz Usb Zero Display

1.8.4. Pantalla 19" Samsung

Debido a que se trabajará con el modelo Bartop, modelo reducido de un Arcade, se estimó que el tamaño adecuado de la pantalla necesaria era de 19". La figura 1-14 representa la pantalla utilizada.



Tabla 1-2. Especificaciones Técnicas del Monitor 19"

Power consumption

Series	Standard Power Consumption (W)	Standby Power Consumption (W)	Annual Energy Consumption (kWh)	Mercury Content (mg)	Peak Luminance Ratio	Presence of Lead
933HD	25.50	0.55	41.2	20.0	65%	Yes
2033HD	38.70	0.65	61.2	20.0	65%	Yes
2333HD	46.50	0.65	72.6	20.0	65%	Yes

Español

- El consumo anual de energía se calcula de acuerdo con el consumo del modo activado (inicio, modo Estándar) y un funcionamiento de 4 horas cada día, 365 días al año. (Medición de acuerdo con IEC 62087 Ed.2)
- El consumo de energía del modo activado varía de acuerdo con la configuración de la pantalla del televisor.
 - Para reducir el consumo de energía, ajuste el brillo del televisor o configure la opción Ahorro energía como Alto.
 - Así reducirá el coste total de funcionamiento.
- No deje el televisor en modo de espera durante períodos largos de tiempo (cuando está de vacaciones, por ejemplo). Aunque esté apagado continúa consumiendo una pequeña cantidad de energía. Lo mejor es desenchufar el aparato de la red eléctrica y de la antena.

Fuente:

http://downloadcenter.samsung.com/content/UM/201006/20100603203257859/933HD_2033HD_2333HD.pdf df

El consumo estándar de energía para el monitor Samsung de 19 pulgadas disponible en una hora de trabajo es de 25.5W. Las especificaciones técnicas del monitor utilizado están representadas en la tabla 1-2.

CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL SISTEMA “ARCADE A PEDALES”

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE COGENERACIÓN DE ENERGÍA

El desarrollo de recursos renovables como fuentes alternativas de energía ha sido promovido por el creciente costo y riesgo ambiental de los combustibles fósiles. El éxito de las energías renovables no sólo se basa en el mejoramiento y optimización constante de las tecnologías para aprovecharlas, sino que también incluye una fuerte componente de transformación cultural frente al uso de la energía en sociedad.

Con el apoyo de los avances tecnológicos, se ha venido fomentando la revolución energética que pretende incentivar el uso de fuentes renovables para la obtención de energía eléctrica. Sin embargo, existe una gran cantidad de fuentes renovables que pretenden reutilizar la energía que normalmente se desperdicia. Cuando se habla de energías renovables no convencionales, como es el caso de la energía humana, se pone en evidencia todo el esfuerzo físico realizado en las máquinas de un gimnasio, en el pedaleo de una bicicleta, caminadoras, elípticas, juegos infantiles en parques y lugares públicos, etc. En los casos en los que se emplea la energía humana, sólo una parte del esfuerzo realizado cubre la demanda de energía necesaria para efectuar el trabajo requerido, mientras que otro tanto es malgastado o disipado. Las distintas iniciativas de aprovechamiento de energía humana apuntan entonces a “capturar” la energía disipada [1].

En este contexto, en la sede JMC de la Universidad Técnica Federico Santa María, a partir de un equipo multidisciplinario de estudiantes técnicos, entrelazando conocimientos de electrónica, electricidad y energía fotovoltaica, se desarrolló un sistema de cogeneración de energía que aprovecha la energía solar y la energía humana, transformándola en energía eléctrica, con el fin de alimentar energéticamente a un sistema electrónico de entretenimiento, que a su vez, invita al usuario a pedalear y generar la energía que posteriormente consumirá en la consola de videojuegos luego de pedalear un tiempo determinado. Se busca desarrollar un sistema con autonomía energética.

A continuación, se describe los componentes a utilizar, haciendo énfasis en los sistemas eléctricos y electrónicos de las etapas de transformación y almacenamiento de la energía

2.1. COMPONENTES DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

Para comprender mejor el funcionamiento de la generación fotovoltaica, se analizarán uno a uno sus componentes y los distintos tipos que existen.

2.1.1. Módulos fotovoltaicos

Un módulo fotovoltaico es un dispositivo que aprovecha la energía del sol para generar electricidad a partir de la radiación solar que incide sobre células fotovoltaicas que componen el panel solar. La figura 2-1 muestra el comportamiento esquemático de un módulo fotovoltaico.

Se genera electricidad debido al 'efecto fotovoltaico' que produce la energía solar (fotones), generando cargas positivas y negativas en dos semiconductores próximos de distinto tipo, lo que genera un campo eléctrico que producirá corriente eléctrica.

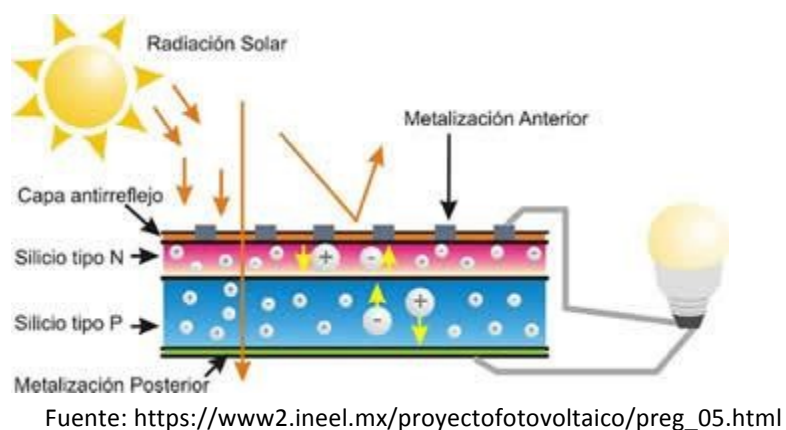
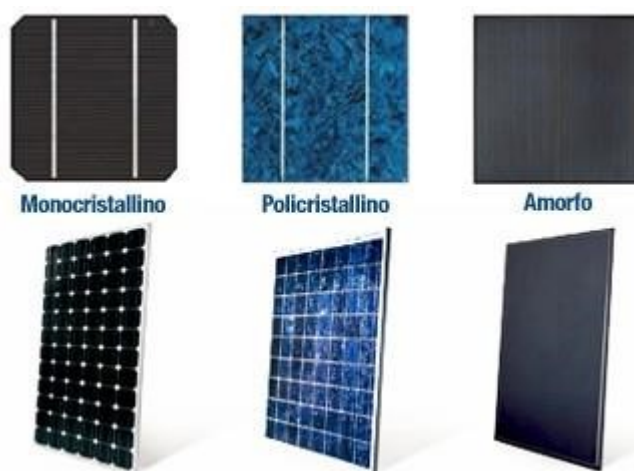


Figura 2-1. Descripción de comportamiento de una célula fotovoltaica

Estas celdas están elaboradas a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos

resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a otra creando una corriente proporcional a la radiación incidente, la capa antirreflejo aumenta la eficacia de la celda.

Las células de silicio son las más comunes y más utilizadas. El rendimiento de las células fotovoltaicas depende de la estructura tridimensional interna que tengan estas láminas de silicio tal como muestra la figura 2-2. Según esta estructura es posible clasificarlas del siguiente modo:



Fuente: https://www2.ineel.mx/proyectofotovoltaico/preg_05.html

Figura 2-2. Clasificación de paneles fotovoltaicos según la estructura interna de la célula de silicio

- **Células de silicio monocristalino:** constituido por un solo cristal de grandes dimensiones que es cortado en finas láminas, generalmente de azul uniforme. Son las más avanzadas, el costo de fabricación es superior y proporcionan un superior rendimiento bajo determinadas condiciones.
- **Células de silicio policristalino:** están constituidas por varios cristales, tienen un color azul no uniforme, aunque las últimas técnicas de fabricación ya otorgan de mayor uniformidad al aspecto de la célula.
- **Células de silicio amorfo:** no está formada por cristales. Es la más barata pero también son las que menores rendimientos ofrecen, se utilizan, por ejemplo, en dispositivos como calculadoras o relojes y tienen la particularidad que pueden producir electricidad (en baja

2.1.1.1. Especificaciones Técnicas del Módulo a utilizar

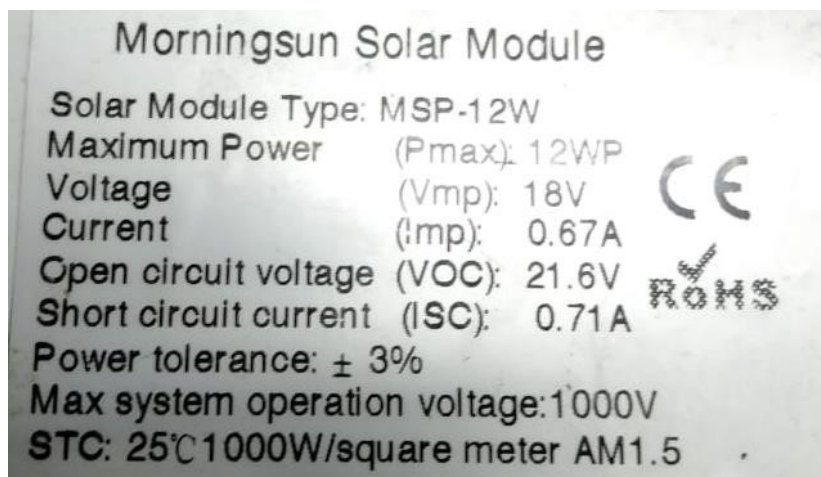
El sistema de cogeneración desarrollado fue implementado utilizando componentes que poseían previamente los integrantes del proyecto. El módulo a utilizar se presenta en la figura 2-3.



Fuente: <http://www.solarshop.cl/img/p/206-803-large.jpg>

Figura 2-3. Módulo fotovoltaico policristalino disponible para prototipo 12Wp

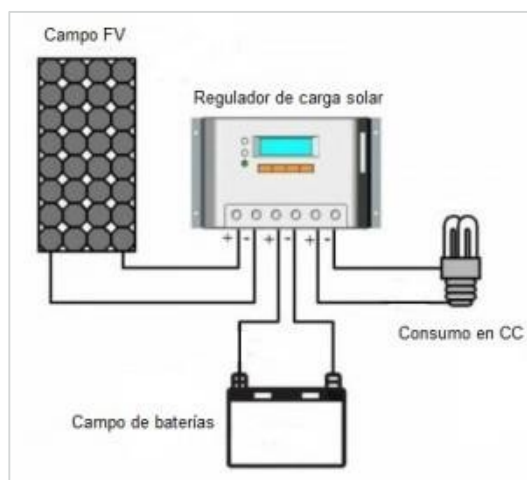
El dimensionamiento Fotovoltaico es implementado en base al panel disponible. Las características técnicas del módulo a utilizar se muestran en la figura 2-4:



Fuente: Elaboración propia, foto a placa característica del panel

2.1.2. Regulador de carga

Un regulador de carga o controlador solar se coloca entre el arreglo fotovoltaico y el banco de baterías. Su función principal es controlar el flujo de energía que circula entre ambos componentes (paneles y baterías). La calibración del flujo de energía se realiza mediante el control de los parámetros de Intensidad (I) y Voltaje (V) que se inyectan en la batería. Este flujo de energía depende del estado de carga de las baterías y de la energía generada por los paneles fotovoltaicos. El regulador de carga controla constantemente el estado de carga de las baterías para efectuar la carga óptima y prolongar su vida útil. El esquema de conexiones de un regulador de carga solar se presenta en la figura 2-5.



Fuente: https://www.monsolar.com/blog/wp-content/uploads/2015/11/que_es_regulador_solar.jpg

Figura 2-5. Conexión de equipos al Regulador de Carga Solar

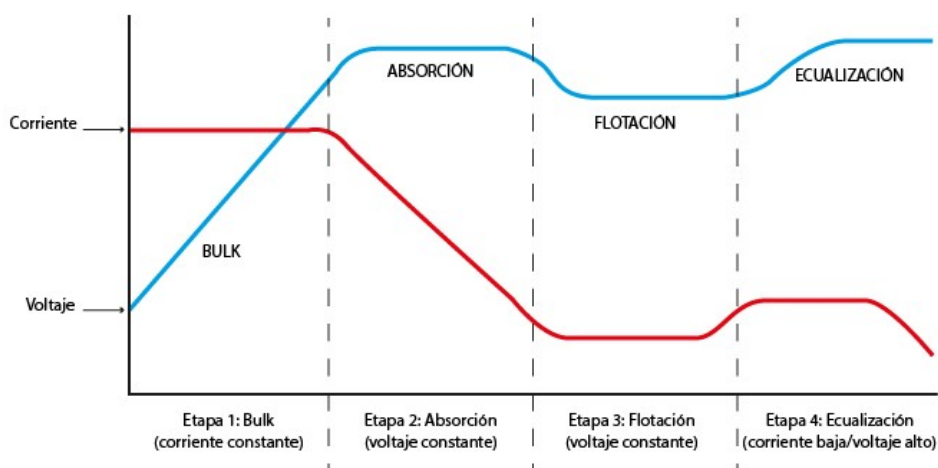
Existen tres estados de carga posibles:

- **Fase BULK:** EL banco de baterías está descargado y toda la corriente producida por los paneles fotovoltaicos es inyectada en las baterías, incrementándose el voltaje en las baterías a medida que éstas se van cargando.

- **Fase de FLOTACIÓN:** En esta etapa, el voltaje se reduce a la tensión de flotación (generalmente 13,5 V) y la corriente inyectada se reduce hasta que la batería se carga por completo. En esta fase la batería ya está cargada al 100% y lo que se hace es proporcionar la corriente necesaria para compensar la auto descarga, de tal forma que permanezca al 100%. Se trabaja a potenciales bajos y constantes. Si se pretende almacenar la batería el voltaje de flotación no puede variar más de un 1% respecto del recomendado por el fabricante. Para baterías líquidas se recomienda proporcionar voltajes entre 12,9-14 V, aunque no es recomendable la inutilidad de la batería durante períodos largos (meses), en cambio, en el caso de las baterías de gel, pueden ser mantenidas en fase de flotación durante periodos largos sin problemas.

- **Fase de ECUALIZACIÓN:** También llamada etapa de gaseo. Busca que la disolución del electrolito (ácido) tienda a ser homogénea al interior de la batería - evitando que en la parte inferior no haya una densidad mayor que pueda provocar la sulfatación de las placas- esto se logra al provocar el ascenso del gas dentro del ácido, tras esta etapa se consigue que todas las celdas internas en la batería tengan el mismo voltaje y para ello el controlador realiza esta etapa cada cierto periodo de tiempo.

Los estados de carga de la batería se representan en la figura 2-6.



Fuente: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/etapas-de-carga-de-una-bateria>

Figura 2-6. Estados de carga de una batería plomo ácido

dispositivo de protección para las baterías, resguardándolas de sobrecargas y alargando su vida útil.

Existen también funciones adicionales que podría realizar el regulador, dependiendo de cada modelo:

- Evita que la batería se pueda descargar por la noche, por efecto de los paneles solares al actuar como carga al no estar generando energía por efecto de la inversión de corriente, protección mediante un diodo tipo D.
- Proporciona información del estado del sistema: voltaje de las baterías, corriente generada, estado de carga, informe de errores... (sólo en los que tienen reguladores con DISPLAY).

2.1.2.1. Tipos de Reguladores de carga

En toda instalación fotovoltaica aislada existen dos tipos de reguladores de carga solares: los reguladores PWM y los reguladores MPPT representados en la figura 2-7.

Ambos se encargan de lo mismo, controlar el flujo de energía entre el campo fotovoltaico y las baterías, pero difieren en el valor comercial, voltaje de funcionamiento y en el punto en el que los paneles producen la mayor cantidad de energía.



Fuente: <https://www.furgoplón.com/wp-content/uploads/2017/10/reguladores.png>

Figura 2-7. Regulador de carga PWM y MPPT

precio que los MPPT. Un regulador PWM sólo dispone en su interior de un Diodo, por tanto, los paneles fotovoltaicos funcionan a la misma tensión que las baterías. Esto provoca que la energía que existe en la entrada y en la salida del regulador es la misma (Voltaje y amperaje).

Esto hace que los módulos no trabajen en su punto de máxima potencia, sino en el que impone la batería según su estado de carga, produciendo una pérdida de potencia, que puede llegar hasta el 25-30% respecto a los reguladores MPPT.

El regulador PWM es capaz de cargar por completo la batería gracias a que introduce la carga en forma gradual, a pulsos de tensión, en la fase de flotación, fase de cargado último de la batería, así la corriente se va introduciendo poco a poco hasta que la batería se carga en forma óptima y estable.

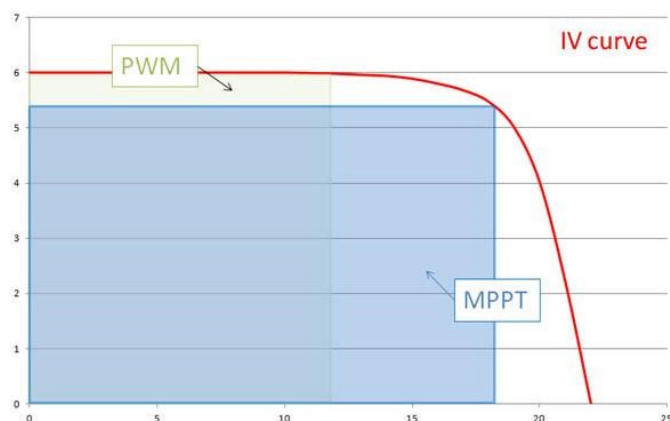
b) Regulador de carga MPPT (Seguidor del punto de Máxima potencia)

Un regulador MPPT o maximizador solar dispone, además del diodo de protección, de un convertidor de tensión CC-CC y de un seguidor del punto de máxima potencia. Esto le permite dos cosas [7]:

El convertidor de tensión CC-CC (de alta tensión en el campo fotovoltaico a baja tensión en las baterías) permite trabajar a **tensiones diferentes** en el campo fotovoltaico y en las baterías. **El seguidor del punto de máxima potencia (MPPT)** adapta la tensión de funcionamiento en el campo fotovoltaico a la que **proporcione la máxima potencia**.

Se logra entender que en un regulador MPPT la energía de entrada y salida es la misma, pero la tensión y la corriente son diferentes a un lado y en el otro. Gracias a esto se consigue aumentar la tensión del panel solar aumentando su producción solar hasta en un 30% respecto los reguladores PWM, esto explica también lo caro que puede llegar a ser un regulador solar MPPT.

Al tener la capacidad de trabajar con tensiones más elevadas en el campo fotovoltaico, disminuyen perdidas energéticas ocasionadas por bajas tensiones, haciendo que los MPPT sean los reguladores indicados para altas potencias fotovoltaicas, donde se busque generar el máximo de energía. Con controladores PWM el sistema pierde una cantidad de energía respecto a los MPPT.



Fuente: <https://www.tritec-intervento.cl/productostritec/wp-content/uploads/2017/10/curva-pwn.jpg>

Figura 2-8. Curva Intensidad vs Voltaje comparativa de rendimiento reguladores de carga MPPT y PWM

c) Especificaciones técnicas del Regulador de carga PWM a Utilizar

El sistema de cogeneración desarrollado fue implementado utilizando componentes que poseían previamente los integrantes del proyecto. El regulador de carga utilizado se presenta en la figura 2-9. Las especificaciones técnicas son las incluidas en la Tabla 2-1.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-9. Regulador de carga solar 10 A

Tabla 2-1. Especificaciones Técnicas del Regulador de carga solar Steca PR3'030

	PR 1010	PR 1515	PR 2020	PR 3030
Funcionamiento				
Tensión del sistema	12 V (24 V)			
Consumo propio	12,5 mA			
Datos de entrada CC				
Tensión de circuito abierto del módulo solar	< 47 V			
Corriente del módulo	10 A	15 A	20 A	30 A
Datos de salida CC				
Corriente de consumo	10 A	15 A	20 A	30 A
Tensión final de carga	líquido 13,9 V (27,8 V); gel 14,1 V (28,2 V)			
Tensión de carga reforzada	14,4 V (28,8 V)			
Carga de compensación	14,7 V (29,4 V)			
Tensión de reconexión (SOC / LVR)	> 50 % / 12,6 V (25,2 V)			
Protección contra descarga profunda (SOC / LVD)	< 30 % / 11,1 V (22,2 V)			
Condiciones de uso				
Temperatura ambiente	-10 °C ... +50 °C			
Equipamiento y diseño				
Terminal (cable fino / único)	16 mm² / 25 mm² - AWG 6 / 4			
Grado de protección	IP 32			
Dimensiones (X x Y x Z)	187 x 96 x 44 mm			
Peso	350 g			

Datos técnicos a 25 °C / 77 °F

Datos técnicos a 25 °C / 77 °F

Fuente: https://www.monsolar.com/pdf/regulador_solar_steca_pr_10_30_caracteristicas_tecnicas.pdf

2.1.3. Batería de ciclo profundo

Una Batería es un dispositivo electroquímico que almacena energía en forma química. Cuando una batería se conecta a un circuito eléctrico, la energía química se transforma en energía eléctrica. Constructivamente todas las baterías son similares y están compuestas por un número de celdas electroquímicas, cada celda que compone una batería, está compuesta de un electrodo positivo y otro negativo además de un separador.

La batería al estar siendo descargada, se produce un cambio electroquímico entre los diferentes materiales de los dos electrodos. Los electrones son transportados, gracias a un circuito externo (motores de corriente continua, consumos de corriente continua, sistemas de luces, etc) entre el electrodo positivo y negativo. Las baterías tienen una amplia aplicación a nivel mundial, por esta razón se han desarrollado varios tipos de tecnologías:

Baterías Alcalinas: la tecnología con mayor aplicación a nivel mundial, principalmente en pequeños equipos, tienen una tensión de 1,2Vdc, tienen una sola vida útil, es decir no hay posibilidad de recargarlas. También existen las baterías alcalinas recargables, en menor

muy contaminante. Este tipo de baterías deben ser descargadas totalmente para evitar el efecto memoria.

Baterías Níquel-Hidruro Metálico: mejor autonomía, son más ligeras que las de Níquel Cadmio, mediana vida útil y se encuentran en ordenadores portátiles, y teléfonos móviles. Es un tipo de batería recargable que utiliza un ánodo de oxidróxido de níquel (NiOOH), y un cátodo de una aleación de hidruro metálico. La batería NiCd tiene costos altos, además, representa un peligro para el medio ambiente. Asimismo, posee una mayor capacidad de carga (entre dos y tres veces más que la de una pila de NiCd del mismo tamaño y peso) y un menor efecto memoria. Por el contrario, presentan una mayor tasa de autodescarga que las NiCd (un 30% mensual frente a un 20%).

Baterías Lithium-Ion: Su costo de producción es alto y esto se refleja en el precio, sin embargo, su ciclo de vida es elevado 500-600 ciclos. Recomendadas para usuarios exigentes, se usan generalmente en cámaras fotográficas o en aplicaciones altamente fiables. Mercado muy reducido por su alto costo.

Baterías de Alcohol: es una batería pequeña, barata, diseñada con el fin de sustituir a las de litio, y a futuro se espera que logren alimentar un teléfono por un mes. Estas baterías no solo se usarán a futuro en teléfonos móviles, sino en todo dispositivo portátil que requiera ligereza para su transportación.

Baterías de plomo ácido: son las más usadas, las baterías de plomo ácido son las preferidas e insuperables por el amplio campo de aplicaciones que tienen. El plomo es abundante, por lo tanto, no es demasiado honeroso y es por esta razón por la cual es idóneo para la producción de baterías de buena calidad en grandes cantidades. Una batería de plomo ácido está compuesta por:

- Placa Positiva de óxido de plomo (PbO_2)
- Placa negativa de plomo puro (Pb)
- Disolución de electrolito ácido sulfúrico (H_2SO_4)

Tipos de baterías de plomo –ácido: Se clasifican de acuerdo al uso y al diseño. Las diferencias principales entre estos grupos se dan por la estructura y diseño de los electrodos (ó placas), el material activo y el electrolito

Baterías de tracción: para carretillas elevadoras, sillas de ruedas eléctricas y automóviles

Baterías de arranque: para arrancar automóviles y otros vehículos de motor diesel y gasolina. Se caracterizan por ser baterías capaces de descargar el máximo de corriente posible en un corto tiempo manteniendo un alto voltaje. Deben que ser capaces de soportar varias descargas incluso con cambios fuertes de temperatura para cumplir su tarea principal, que es arrancar un motor, se necesita gran cantidad de energía en un periodo corto de tiempo. Las baterías de arranque tienen generalmente una baja resistencia interna.

Baterías estacionarias: para fuentes de alimentación de emergencia y fuentes de alimentación ininterrumpida para usos de informática (UPS). Las baterías estacionarias están constantemente siendo cargadas y se debe tener cuidado de evitar que se sequen, el electrolito y el material de la rejilla del electrodo están diseñados de forma que se minimice la corrosión.

Para aplicaciones de energía solar y eólica, las baterías de plomo más usados se parecen a los de tracción, que se usan en autos y camiones, pero son optimizadas para una aplicación diferente. En los vehículos es importante disponer de elevada energía durante un tiempo muy corto, principalmente para arrancar el motor. Este alto flujo de amperes necesario se logra con capas de plomo delgadas (placas muy delgadas).

En sistemas solares y eólicas las baterías tienen que suministrar la energía durante un tiempo considerablemente más largo y frecuentemente se descargan a niveles más bajos. Estas baterías de tipo ciclo profundo tienen capas de plomo más gruesas que además presentan la ventaja de significativamente prolongar su vida útil.

Estas baterías son relativamente grandes y pesadas por el plomo, están compuestas de celdas de 2 voltios nominales que se unen en serie para lograr baterías desde 6 a 12 o más voltios.

De acuerdo al tipo del electrolito utilizado las baterías se clasifican en:

Baterías Líquidas: son las más antiguas y tienen precios favorables. Son cerradas, pero tienen válvulas para que los gases pueden escapar durante cargas excesivas (en realidad no son libre de mantenimiento, son de bajo mantenimiento). Sus ventajas además de los precios es que son menos problemáticas si se sobrecargan. Las desventajas son el peligro de perder el muy agresivo ácido, un control del nivel del agua es necesario (en las de 'libre mantenimiento' no se pueden sustituir el agua), y su corta vida típica es de aproximadamente 400 ciclos de carga y descarga. Es muy importante para estos tipos de batería trabajen en sitios ventilados y no a temperaturas bajo cero pues pueden destruirse rápidamente.

Baterías de Gel: En estas baterías, el ácido se presenta en forma de gel. Su gran ventaja es que ya no existe líquido que se puede perder, son cerradas y funcionan en cualquier posición. Son más resistentes a bajas temperaturas, la vida útil es mayor que la vida de las baterías líquidas y son las menos afectadas ante descargas profundas. Las desventajas son una resistencia interna con valores más altos, lo que reduce el flujo máximo de la corriente, son algo más delicadas para cargar y tienen un precio mayor. Estas baterías se usan frecuentemente en la industria y la telecomunicación.

Baterías tipo AGM. En estas baterías, el ácido está fijado en fibras de vidrio. Son cada vez más usadas en aplicaciones solares y eólicas. Sus ventajas además de las antes citadas en las baterías de Gel, es que presentan una mayor resistencia en climas fríos, su auto descarga es mínima y tiene la eficiencia más alta de todas las baterías de plomo ácido (hasta 95%)., tienen una baja resistencia interna que permiten corrientes altas, su desventaja, es el precio más elevado y su vulnerabilidad algo más alta a descargas profundas.

2.1.3.1. Especificaciones técnicas de baterías disponibles a utilizar

El sistema de almacenamiento desarrollado fue implementado utilizando componentes que poseían previamente los integrantes del proyecto. Además, agradecemos la disposición de la carrera de energías renovables en facilitar componentes como baterías y reguladores de carga. Esta batería estaba disponible en la sala LER de Energías renovables.

Para esta prueba se utilizó una batería de 20Ah, 12Vdc, que podemos se presenta en la Figura 2-10.



Durante este proyecto se midió el voltaje de salida del motor y la corriente de entrada a la batería. Para demostrar que se cargó la batería se midió su voltaje previamente y una vez finalizada la prueba. Las especificaciones técnicas de la Batería 12V 20 AH se presentan en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2. Especificaciones Técnicas de Batería 12V 20AH

Specifications		
	Nominal Voltage	12V
	Nominal Capacity (20HR)	20AH
Terminal Type	Standard Terminal	F3
	Optional Terminal	F12
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS (UL94:VO)
Rated Capacity	20.0 AH/1.00A	(20hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	18.6 AH/1.86A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	17.0 AH/3.40A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	15.3 AH/5.10A	(3hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	12.56 AH/12.56A	(1hr, 1.60V/cell, 25°C / 77°F)

Fuente: <http://ultracell.co.uk/datasheets/UL20-12.pdf>

2.1.4. Inversor Fotovoltaico

Un inversor es un equipo electrónico que convierte el Voltaje Continuo en Voltaje Alterno. Cuando las placas fotovoltaicas reciben la luz del sol, los electrones comienzan a moverse dentro de las células solares, lo que produce electricidad de corriente continua. Los inversores fotovoltaicos convierten la energía eléctrica que generan los paneles fotovoltaicos para que puedan usarla los electrodomésticos, la iluminación y otros equipos electrónicos que existen en casa que consumen energía en Corriente Alterna. La figura 2-11 representa un inversor.



A continuación, se explicará el funcionamiento de los inversores y los tipos de inversores que ofrece el mercado.

Funciones principales del Inversor Fotovoltaico

Conversión de energía: El inversor solar fotovoltaico convierte corriente continua en corriente alterna, que es la utilizada por todos los equipos y dispositivos eléctricos domiciliarios.

Seguimiento y protección: En un inversor solar se realiza un seguimiento de rendimientos, estos pueden visualizarse en el propio dispositivo (dependiendo del modelo) o desde otra ubicación con la implementación de comunicación adecuada, gracias a esto es posible monitorear los rendimientos energéticos del sistema, la actividad eléctrica y de señales cuando surge un problema.

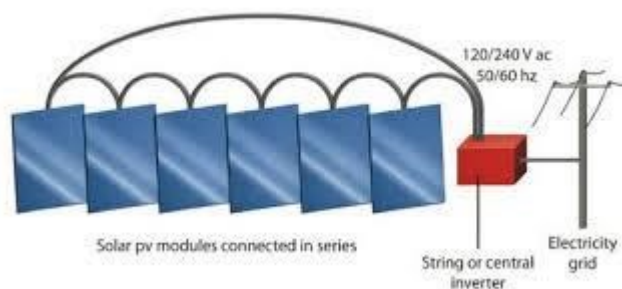
Operación constante: el objetivo de un sistema fotovoltaico es proporcionar energía en toda condición climática y a la intemperie.

2.1.4.1. Tipos de Inversores Fotovoltaicos

La función de todos los inversores es la misma: convertir corriente continua, proveniente de los paneles solares, en corriente alterna a 220V/ 380V para el uso del hogar y artefactos eléctricos. Existen 3 tipos de inversores, y cada uno con funciones sensiblemente diferentes.

2.1.4.2. Inversores String o de cadena: un inversor centralizado estándar

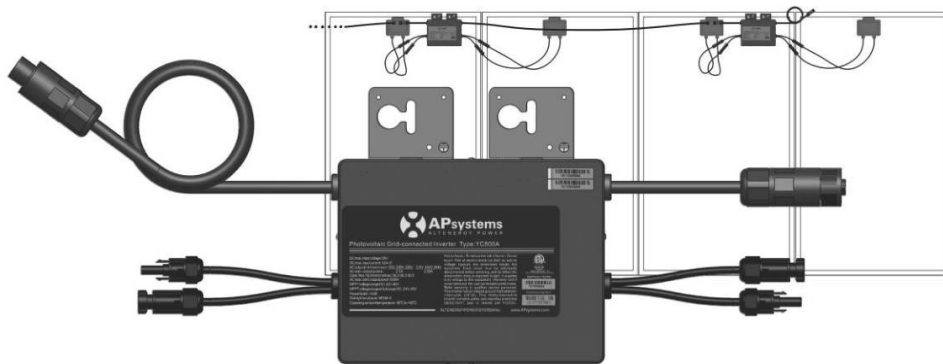
Se le conoce también como inversor centralizado y es el más usado en los sistemas de energía solar de pequeña escala. Cuando se utiliza un inversor en cadena en una instalación de autoconsumo, los paneles deben conectarse en serie. La conexión de inversores string se representa en la figura 2-12.



Lo que más favorece en la elección de un inversor de cadena, es el menor costo y el fácil mantenimiento, debido a que son instalados en lugares sumamente accesibles. Su gran problema es que solo aprovechará tanta energía como el panel de menor generación. La generación eléctrica con un inversor String puede verse sumamente reducida, si a uno o más paneles les alcanza sombra

2.1.4.3. Microinversores

Si un inversor string puede considerarse como un inversor "centralizado", los micro inversores son inversores "distribuidos" y están representados en la figura 2-13. En las instalaciones fotovoltaicas con microinversores cada placa solar tiene un pequeño inversor solar instalado. En lugar de enviar energía desde todos los paneles hasta un único inversor, los sistemas de microinversores convierten la energía solar de corriente continua en energía de corriente alterna en la propia cubierta.



Fuente: <https://recursos.minhacasasolar.com.br/MediaCenter/apssystem2.png>

Figura 2-13. Microinversor

Algunos beneficios de usar microinversores es que son más eficientes que los inversores string. Las instalaciones de placas solares que disfrutan de esta tecnología, siguen produciendo

En las ventajas de usar micro inversores destacan su elevado costo respecto a un inversor string, y pueden ser más difíciles de mantener o reparar en caso de un problema, ya que se encuentran en la cubierta.

Usar micro inversores es recomendable para instalaciones con paneles solares con diferentes orientaciones, propietarios que quieren maximizar la producción de energía solar en un pequeño espacio, y viviendas que tienen cubiertas "complicadas" con frontones, chimeneas u otros objetos que pueden causar sombras en algunos módulos.

2.1.4.4. Optimizadores de potencia.

Los optimizadores de potencia pueden considerarse como un término medio entre los inversores de cadena y los micro inversores. Al igual que los micro inversores, los optimizadores de potencia se encuentran en el tejado junto a - o integrado con - las placas solares individuales, sin embargo, los sistemas con optimizadores de potencia siguen enviando energía a un inversor centralizado.

Los optimizadores de energía no convierten la electricidad de corriente continua en corriente alterna en el sitio del panel solar. Más bien, "condicionan" la electricidad en corriente continúa fijando el voltaje de la electricidad, en el momento que es enviada al inversor fotovoltaico. Una instalación de paneles solares con optimizadores de potencia es más eficiente que una que sólo usa un inversor de cadena. La figura 2-14 representa los optimizadores de potencia.



Fuente: <https://ecoinventos.com/wp-content/uploads/2019/06/solar-power-optimizer-620x241.jpg>

supervisar el rendimiento de cada panel solar individualmente, y reducir el efecto de las sombras en el rendimiento de la instalación. En contraparte, una instalación con optimizadores de potencia costará más que una instalación con un inversor de cadena.

2.1.4.5. Especificaciones técnicas de Inversor fotovoltaico a utilizar.

El sistema de conversión desarrollado fue implementado utilizando componentes que poseían previamente los integrantes del proyecto. El inversor a utilizar se representa en la figura 2-15. Y las especificaciones técnicas del equipo se presentan en la tabla 2-3.



Fuente: <https://www.victronenergy.com/upload/documents/Datasheet-Phoenix-Inverter-180VA-1200VA-ES.pdf>

Figura 2-15. Especificaciones Técnicas del Inversor Solar Phoenix 12/180

Tabla 2-3. Especificaciones técnicas del inversor solar

Inversor Phoenix	12 Volt 24 Volt 48 Volt	12/180 24/180	12/350 24/350 48/350	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia CA cont. de salida a 25 °C (VA) (3)		180	350	800	1200
Potencia cont. a 25 °C / 40 °C (W)		175 / 150	300 / 250	700 / 650	1000 / 900
Pico de potencia (W)		350	700	1600	2400
Tensión / frecuencia CA de salida (4)		110VAC o 230VAC +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%			
Rango de tensión de entrada (V DC)		10,5 - 15,5 / 21,0 - 31,0 / 42,0 - 62,0		9,2 - 17,3 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 68,0	
Alarma de batería baja (V DC)		11,0 / 22 / 44		10,9 / 21,8 / 43,6	
Apagado por batería baja (V DC)		10,5 / 21 / 42		9,2 / 18,4 / 36,8	
Autorrecuperación de batería baja (V DC)		12,5 / 25 / 50		12,5 / 25 / 50	
Eficacia máx. 12 / 24 / 48 V (%)		87 / 88	89 / 89 / 90	91 / 93 / 94	92 / 94 / 94

2.1.5. Componentes de generación mecánica a eléctrica

Se detallará los componentes de la generación de energía eléctrica a través de la energía mecánica del pedaleo a través del impulso del cuerpo humano.

2.1.5.1. Motor eléctrico 250W

El motor eléctrico disponible es el modelo ZYWH-252^a representado en la figura 2-16. Trabaja a 24Vdc y entrega una potencia de salida de 250W. La empresa que los fabrica se llama SHENZHEN MARSHELL GREEN POWER CO. LTD. En su página web (<https://www.marshell.net/index.html>) no se encuentra información de la ficha técnica del motor, más bien, la empresa se dedica a la venta de vehículos eléctricos y no a la venta de componentes.



Fuente: <https://www.victronenergy.com/upload/documents/Datasheet-Phoenix-Inverter-180VA-1200VA-ES.pdf>

Figura 2-16. Motor ZYWH-252A

trabaja en 24Vdc/ 250w. Se utilizó su ficha técnica como referencia de trabajo del motor ZYWH-252A, se muestra la información en la tabla 2-4.

Tabla 2-4. Especificaciones técnicas del motor scooter a utilizar

Model	MY 1016			
Standard	200W 24V/36V	250W 24V/36V	300W 24V/36V	350W 24V/36V
No-load current/A	≤1.5/1.0	≤1.6/1.2	≤1.8/1.4	≤2.0/1.4
No-load rate speed /rpm	3300	3350	3400	3450
Rating Torque/N·m	0.70	0.90	1.04	1.22
Rating speed /rpm	2700	2750	2750	2750
Rating current/A	≤10.6/7.1	≤13.4/8.9	≤16.0/10.7	≤18.7/12.5
Efficiency/%	≥76	≥78	≥78	≥78
Use	Electric Scooter / Small Scooter			

This chart shows the available models, though we may not be source all of them.

Fuente: <https://www.motiondynamics.com.au/united-my1016-250w-24v-dc-motor-with-11-tooth-chain-sprocket.html>

2.1.5.2. Bicicleta Estática

La bicicleta procede de términos del latín y se compone de dos palabras: “bi” que significa “dos”, y ciclos que significa “rueda”; es decir, la bicicleta es un medio de transporte que posee dos ruedas, y que es impulsada por el conductor de la misma, por medio de los pedales y la cadena. La bicicleta es un transporte ágil, económico y seguro.

La bicicleta estática, presentada en la figura 2-17, es una máquina muy eficiente porque elimina las fuerzas de impacto y sostiene al cuerpo en una posición en la cual se aprovecha una mayor energía cinética rotacional en el eje del generador eléctrico.



Figura 2-17. Bicicleta estática

El funcionamiento mecánico de la bicicleta requiere un simple impulso de un par de pedales con las piernas (parte del cuerpo humano que tiene mayor potencia muscular). Este esfuerzo puede ajustarse a partir de un sistema de fricción manual, denominado regulador de resistencia [13]. Poseen una rueda de inercia o volante de varios kilogramos, a fin de facilitar el pedaleo, y que, para efectos del sistema a diseñar, es la parte de contacto a partir de la cual se transmitirá la energía de la bicicleta al generador DC.

2.1.5.3. Bicicleta disponible para utilizar

La bicicleta estática que se utilizará durante el proyecto fue facilitada por uno de los integrantes del trabajo y su modelo es “Proteus mag cycle 1.3” como se puede apreciar en la Figura 2-18.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-18. Bicicleta estatica Proteus mag cycle 1.3

2.1.5. Selección del acople-generador

En la bicicleta se sujetará mecánicamente un generador eléctrico por medio de una estructura de soporte; tal combinación se denomina acople. Se considera para este diseño tres tipos de acoplos: “Directo”, “Por cadillas” y “tipo llanta”

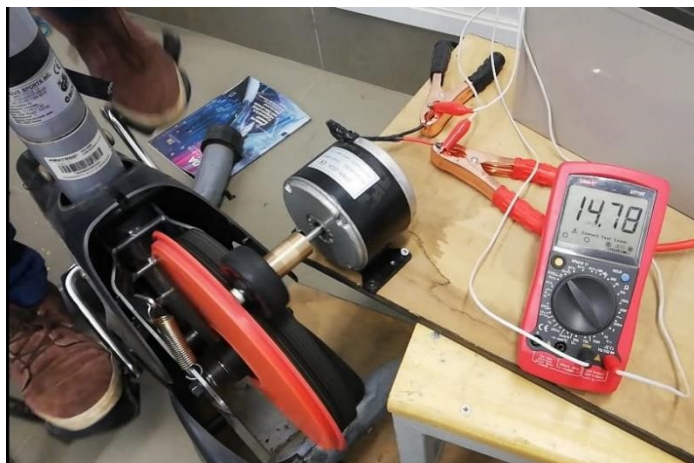
el acople tipo llanta, se hace necesario instalarlo en reemplazo del eje posterior de una bicicleta común. Los tipos de acople se representan en la tabla 2-5.

Tabla 2-5. Características técnicas de acoples

Tipo	 ACOPLE DIRECTO	 POR RODILLOS	 LLANTA
Esquema	Bicicleta estática + generador	bicicleta común + generador	Rueda (en eje de generador)
características	250W;24V; 10A; 630 rpm	300W; 15V; 20 A; 800 rpm	350W; 48V; 7,3A; 600 rpm
Eficiencia	78%	80%	85%

Fuente: Elaboración propia

Para la ejecución del prototipo, se decidió utilizar un acople directo, como se puede apreciar en la Figura 2-19, a través del roce entre una rueda plástica, conectada al rotor del generador eléctrico y la rueda del volante de la bicicleta estática. De haber contado con una bicicleta tradicional, el acople podría haber sido a través de cadenas y piñones, lo que podría aumentar la eficiencia del traspaso de la potencia mecánica al generador.

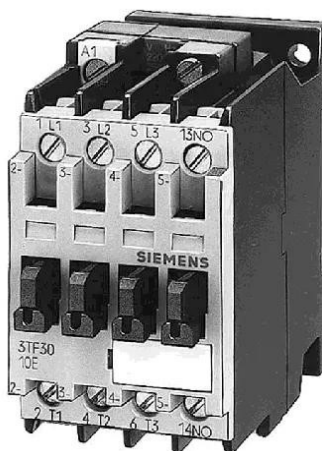


Fuente: Elaboración propia

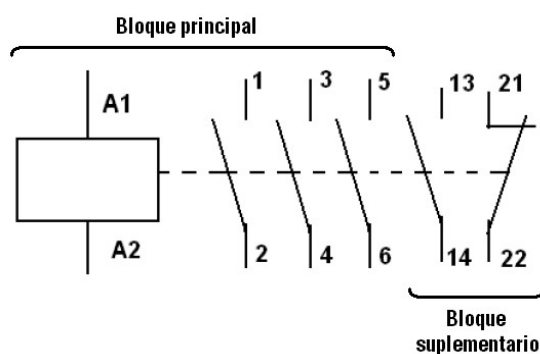
Figura 2-19. Acoplamiento por Roce del Generador

2.1.6. Contactor

El contactor, como el de la figura 2-20, es un dispositivo eléctrico de mando a distancia, que puede cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga, es la pieza clave del automatismo en el motor eléctrico. Su principal aplicación es la de efectuar maniobras de apertura y cierre de circuitos relacionados con instalaciones de motores, excepto los pequeños motores individuales, que son accionados manualmente o por relé, el resto de motores se accionan por contactores.



- Contactos principales: 1-2, 3-4, 5-6. Tienen por finalidad abrir o cerrar el circuito de fuerza o potencia.
- Contactos auxiliares: 13-14 (NO) Se emplean en el circuito de comando o maniobras, por este motivo soportará menos intensidad que los principales. El contactor de la figura solo tiene uno que es normalmente abierto.
- Circuito electromagnético: Consta de tres partes representadas en la figura 2-21.
 1. El núcleo, en forma de E. Parte fija.
 2. La bobina: A1-A2.
 3. La armadura. Parte móvil.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-21. Simbología del contactor eléctrico

2.1.6.1. Contactos auxiliares

Para disponer de más contactos auxiliares y según el modelo de contactor, se le puede acoplar a este una cámara de contactos auxiliares o módulos independientes, normalmente abiertos (NO), o normalmente cerrados (NC) representados en la figura 2-22.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-22. Contactor eléctrico con contactos auxiliares

MARCADO DE BORNES:

Bobina: se marca con **A1** y **A2**.

Contactos auxiliares: existen contactos normalmente abiertos (**NO**) o (**NA**) y normalmente cerrados (**NC**).

Contactos NO: Se les asignan números de 2 cifras, la primera cifra indica el número de orden y la segunda deberá ser **3** y **4**. Ejemplos: **13-14, 23-24, 33-34**.

Contactos NC: Se les asignan números de 2 cifras, la primera cifra indica el número de orden y la segunda deberá ser **1** y **2**. Ejemplos: **11-12, 21-22, 31-32**.

Contactos principales: Se marcan con los siguientes números o letras: **1-2, 3-4, 5-6, o L1T1, L2-T2, L3-T3**.

El **Contactor** se denomina con las letras **KM** seguidas de un número

2.1.6.2. Consideraciones para elegir un Contactor

Para elegir un Contactor se debe tener presente, entre otros factores, lo siguiente [26]: –
Tensión de alimentación de la bobina: Esta puede ser continua o alterna, siendo esta última la más habitual. v con tensiones de 12 V. 24 V o 220 V.

- Corriente que consume el motor de forma permanente (corriente de servicio). Por lo cual, es conveniente el uso de catálogos de fabricantes en los que se indican las distintas características de los Contactores en función del modelo.

2.1.6.3. Contactor elegido

Los contactores a utilizar se presentan en la Figura 2-23 , los distribuye Schneider Electricidad en Chile. Las aplicaciones principales de este contactor son para automatización de cargas resistivas y control de motor eléctrico.



Fuente: <https://www.se.com/cl/es/product/LC1D32BD/contactor-3-polos---32a---24v-dc---nanc/>

Figura 2-23. Contactor Eléctrico LC1D328D Scheider Electric

Las características de este componente son los incluidas en la Tabla 2-6.

Tabla 2-6. Especificaciones Técnicas Contactor LC1D328D

Power pole contact composition	3 NA
[Ue] tensión de funcionamiento nominal	Circuito de alimentación ≤ 690 V AC 25...400 Hz Circuito de alimentación ≤ 300 V CC
[Ie] intensidad de funcionamiento nominal	32 A 60 °C) a ≤ 440 V AC AC-3 para circuito de alimentación 50 A 60 °C) a ≤ 440 V AC AC-1 para circuito de alimentación
Potencia del motor en kW	7,5 kW a 220...230 V AC 50/60 Hz AC-3) 15 kW a 380...400 V AC 50/60 Hz AC-3) 15 kW a 415...440 V AC 50/60 Hz AC-3) 18,5 kW a 500 V AC 50/60 Hz AC-3) 18,5 kW a 660...690 V AC 50/60 Hz AC-3) 7,5 kW a 400 V AC 50/60 Hz AC-4)
Motor power HP (UL / CSA)	2 hp a 115 V AC 50/60 Hz para 1 fase 5 hp a 230/240 V AC 50/60 Hz para 1 fase 7,5 hp a 200/208 V AC 50/60 Hz para 3 fases 10 hp a 230/240 V AC 50/60 Hz para 3 fases 20 hp a 460/480 V AC 50/60 Hz para 3 fases 30 hp a 575/600 V AC 50/60 Hz para 3 fases
Tipo de circuito de control	DC estándar
[Uc] tensión del circuito de control	24 V CC
Composición de los contactos	1 NA + 1 NC

2.2. DEMANDA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ENTRETENIMIENTO PROPUESTO

La carga que consumirá la energía producida y almacenada por el sistema de cogeneración de energía será principalmente la pantalla con altavoces que componen la consola de videojuegos llamada Arcade. El consumo de energía de los componentes de la máquina Arcade están especificados en la Tabla 2-7.

Tabla 2-7. Consumo de Energía en una hora de máquina Arcade

Componente	Consumo de energía nominal en una hora [Wh]
Monitor Led 19"	26 [Wh]
Raspberry pi	1,8 [Wh]
Arduino uno	1,8 [Wh]
Consumo total de energía en una hora	30 [Wh]
Consumo de energía en un día (8 hrs)	240 [Wh]
Consumo de energía en un mes (20 días)	4.8 [KWh]

Fuente: Elaboración propia

La "ARCADE A PEDALES" está diseñada para ser usada durante los horarios peaks donde hay más alumnos presentes en la sede. Se consideró un uso diario de 8 horas aproximadamente y un rango horario entre las 11.00 hrs y las 18.hrs, por lo tanto, el **consumo de energía diario** a cubrir está definido por las siguientes operaciones:

$$30w \times 8 \text{ hrs} = \mathbf{240 \text{ Wh/día es la Energía diaria que consumirá el sistema.}}$$

Consumo mensual de energía del sistema

Se consideró usar un mes de 20 días, considerando usarla desde lunes a viernes.

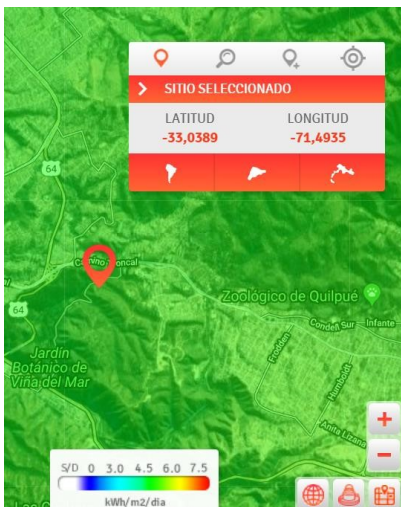
Consumo Mensual de energía= 4.8 KWh/mes

(Consumo energético diario x días del mes = $240 \times 20 = 4800 \text{ W} = 4.8 \text{ KWh}$)

2.3. OFERTA ENERGÉTICA SEGÚN LA LOCALIDAD DONDE SE INSTALARÁ EL SISTEMA

En los estudios de factibilidad de instalación de sistemas de energía fotovoltaica, es primordial realizar un análisis geográfico referido a la irradiancia solar anual promedio incidente sobre la superficie a utilizar. Con este objetivo se utilizan herramientas online, tal como el explorador solar que pone a disposición el ministerio de energía a la ciudadanía para determinar la oferta energética disponible en la zona para captación y acumulación de energía en sistemas fotovoltaicos, térmicos y análisis de radiación e irradiancia solar incidente a lo largo del país.

La zona geográfica a instalar el sistema propuesto es en Avenida Federico Santa María 6090, Viña del Mar, Chile. Lugar donde se encuentra ubicada la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del Mar, José Miguel Carrera. En la figura 2-24 se muestra la vista aérea del sector.



Fuente: <http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/>

El concepto de energía solar y consecuentemente la radiación solar, es la energía radiante emitida en el espacio interplanetario resultante del proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el sol. Esta energía es la principal fuente energética de nuestro medio ambiente, influyendo directamente en procesos primordiales como la fotosíntesis, mantener la temperatura del planeta compatible con la vida, del viento, etc.

La constante solar es una cantidad de energía recibida en forma de radiación solar por unidad de tiempo y unidad de superficie, medida en la parte externa de la atmósfera terrestre en un plano perpendicular a los rayos del sol. Los resultados de su medición satelital indican un valor promedio de $1366 \text{ [W/m}^2\text{]}$.

Sin embargo, para realizar cálculos fotovoltaicos, se utiliza frecuentemente el concepto de La Hora Solar Pico (HSP). En síntesis, la HSP es la cantidad más alta de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie en una hora. Según la nomenclatura eléctrica se distinguen 2 condiciones de constantes solares de irradiancia, (STC) bajo Condiciones de prueba standard de irradiancia de $1000 \text{ [W/m}^2\text{]}$ a una temperatura de 25°C . Por otro lado, las condiciones (NOCT) Temperatura de funcionamiento normal de la celda a $800 \text{ [W/m}^2\text{]}$ a una temperatura de 20°C . En la tabla 2-8 se representan las especificaciones técnicas que diferencian ambas notaciones.

Tabla 2-8. Diferencias entre STC y NOCT

Electrical Specifications

Nominal Maximum Power (Pmax)	295 W	300 W	305 W	310 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	36.60 V	36.95 V	36.95 V	37.17 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.06 A	8.12 A	8.25 A	8.34 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.01 V	45.11 V	45.14 V	45.33 V
Short Circuit Current (Isc)	8.51 A	8.59 A	8.71 A	8.75 A

* Maximum System Voltage : 1000 V (IEC), 600 V (UL)

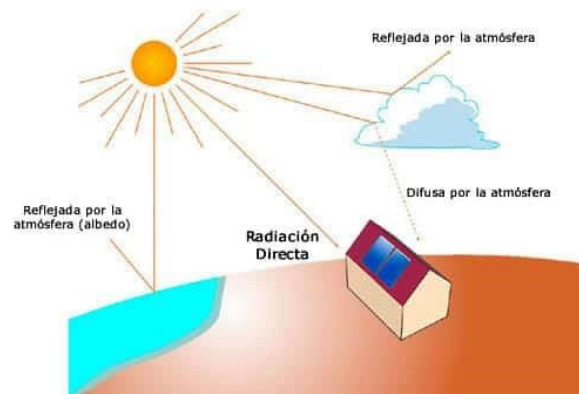
* Measurement Power Tolerance on Power 0 to $\pm 3\%$ Tolerance on Max power Available upon request.

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000W/m^2 , spectrumAM 1.5 and cell temperature of 25°C

* Normal Operating cell Temperature (NOCT) of irradiance of 800W/m^2 , spectrumAM 1.5 and ambient temperature of 20°C , $45 \pm 2^\circ\text{C}$

Fuente: efimarket.com/blog/la-hora-solar-pico-hsp-sirve-calcularlo/

O, en otras palabras, que diariamente incide sobre cada metro cuadrado en el sector entre 4.500Wh a 6.000 Wh por día. En términos de HSP, se concluye que en Canal Chacao existen entre 4.5 a 6 Horas solares Pico con una radiación incidente de $1000 [W/m^2]$ en promedio al año, variando según los meses del año. Cabe destacar, además, que al estudiar la radiación solar, surgen conceptos tales como la Radiación Global Horizontal (Radiación directa + difusa + albedo) Radiación solar difusa (Por efecto de las nubes y sombras), Radiación solar directa (Sin efecto de nubes ni sombras) y Radiación de albedo (Radiación reflejada en las superficies). Se agregó la Figura 2-25 para explicar en mejor forma los tipos de radiación.



Fuente: <http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/>

Figura 2-25. Tipos de Radiación Solar

En términos de Radiación Anual en el sector, cabe destacar la importancia de la correcta inclinación al instalar un Panel Fotovoltaico. Si se instala el panel de forma inclinada a 33° se obtiene una Radiación Anual Global de $5.25 [kWh/m^2/día]$, generando una mayor eficiencia respecto a la instalación del mismo panel de forma horizontal, obteniendo una mejora de un 14% de eficiencia adicional en la captación de energía del módulo, solo por una correcta inclinación al momento de instalar. En la figura 2-26 se observan los datos anuales de radiación solar incidente en la zona.

LATITUD	LONGITUD	ALTURA	
-33,04°	-71,49°	147 msnm	
RADIACIÓN ANUAL			
Global Horizontal (kWh/m²/día)	Global Inclinado 33° (kWh/m²/día)	Directa Normal (kWh/m²/día)	Difusa Horizontal (kWh/m²/día)
4.85	5.25	6.09	1.21

Figura 2-26. Radiación Anual en Canal Chacao

En Cuanto a la Radiación Solar Horizontal, se puede decir al analizar el gráfico, que el trimestre de menor radiación incidente en la zona son los meses de mayo a agosto, donde las Horas solares pico diarios varian entre 2,5 a 3 horas diarias.

Por otro lado, el trimestre entre noviembre a febrero las horas Solares Pico, son entre 6 a 7,5 horas de sol, con una radiación incidente de 1000 [W/m^2] al día, como se puede observar en la figura 2-27.

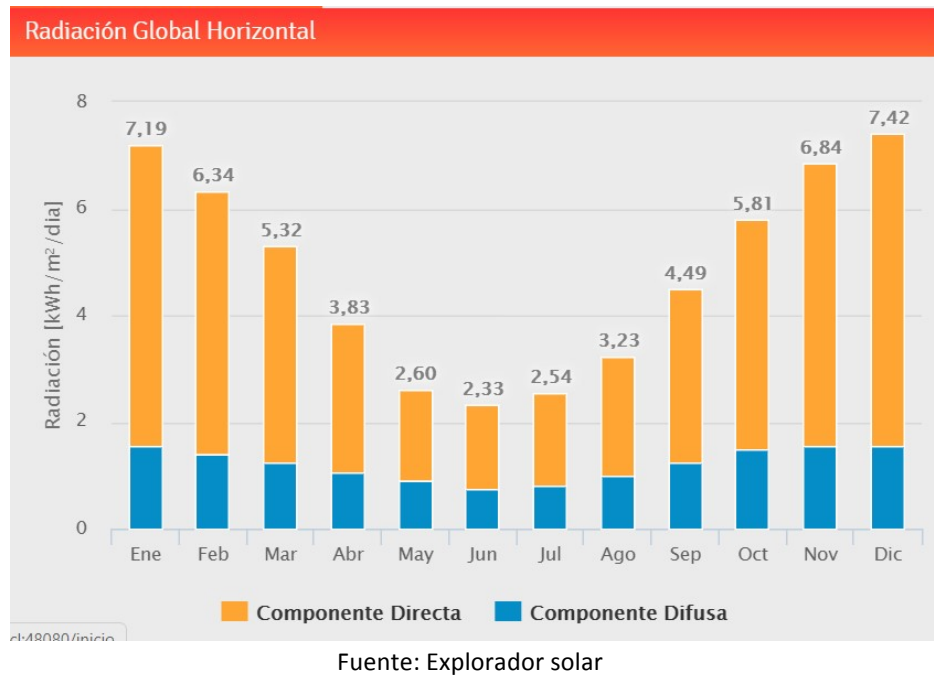
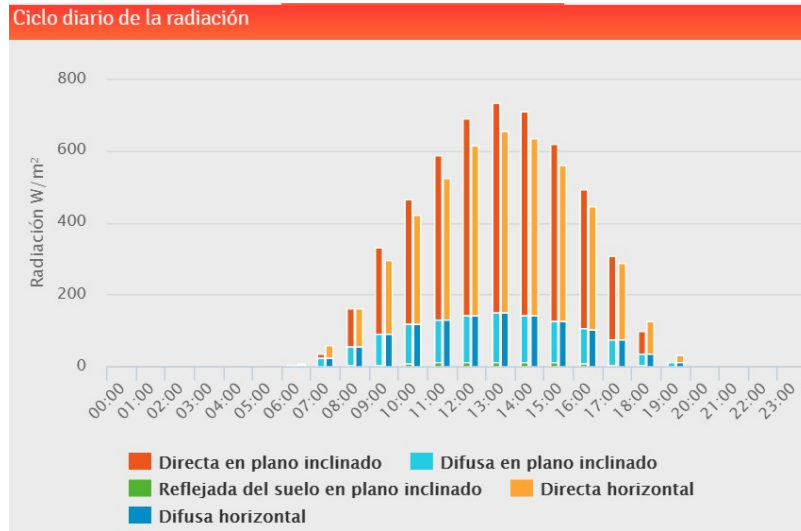


Figura 2-27. Radiación Anual horizontal en Canal Chacao

Si se analiza la figura 2-28 el ciclo diario de la radiación incidente en la zona, es posible determinar que las horas con mayor incidencia solar promedio en el año ocurren entre las 11:00 a las 16 hrs aproximadamente, donde presentan una radiación de al menos 600 [W/m^2].



Fuente: Explorador solar

Figura 2-28. Ciclo diario de la radiación en Canal Chacao

Por lo tanto, es posible concluir que se dispone de una oferta energética de radiación anual incidente en el sector a instalar el sistema de $5.25 [kWh/m^2/día]$ si se instala el panel de forma inclinada a 33° . Esta oferta energética se verá limitada por la eficiencia del módulo fotovoltaico que capta y transforma la energía solar incidente en energía eléctrica.

Actualmente la eficiencia en paneles fotovoltaicos ronda el 13,5% de captación, lo que significa que de esos $5.250 [kWh/m^2/día]$ a lo más es posible transformar en energía eléctrica $708 [Wh/m^2/día]$ a través de la tecnología actual de captación fotovoltaica presente en el mercado chileno. Además, se deben considerar las pérdidas generales del sistema, analizando cada componente en particular, lo cual puede afectar aún más la capacidad de captación y acumulación de energía.

2.4. DIMENSIONAMIENTO IDEAL DE COMPONENTES DEL SISTEMA

Se considera dimensionar un sistema fotovoltaico que cubra en su totalidad la demanda de energía del sistema “arcade a pedales”:

- El consumo en una hora es de 30 [Wh]
- El consumo diario de energía es de 240 [Wh/día]
- El consumo mensual de energía es de 4,8 [kWh/mes]

Considerando un día de 8 horas de uso y un mes de 20 días hábiles

Por otro lado, considerando las condiciones de irradiancia solar incidente en el sector geográfico a utilizar, se determinó, anteriormente, que las horas solares peak promedio son entre 4.5 a 6 HSP al día (variando dependiendo de la estación y meses del año, hay más horas solares en primavera y verano; en contraste, menos HSP en invierno y otoño).

Se selecciona un panel Fotovoltaico de 50W para cubrir la demanda de energía. Se consideran los cálculos de generación diaria de energía estimando rangos de posible generación, considerando entre 4.5 a 6 HSP día.

-Cantidad de energía diaria generada por un panel FV de 50W:

$$(50 \text{ W} \times 4.5 \text{ HSP}) \text{ v } (50 \text{ W} \times 6 \text{ HSP}) = (225 \text{ v } 300) [\text{Wh/día}]$$

-Cantidad de energía mensual generada por un panel FV de 50W: $(225 \text{ v } 300) [\text{Wh/día}] \times 30 \text{ días} = (6.75 \text{ v } 9.0) [\text{kWh/mes}]$

En síntesis en la tabla 2-9 se presentan en contraste las magnitudes de oferta de energía y demanda de energía:

Tabla 2-9. Tabla demanda energética vs oferta energética

	Demanda de energía	Oferta de energía
Energía Diaria	240 Wh	(225 - 300) Wh

Banco de baterías

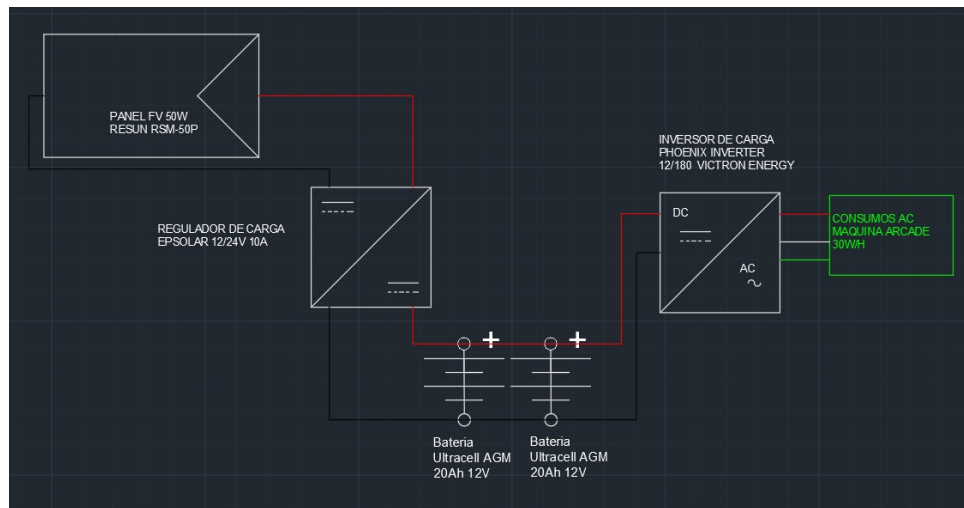
Se consideró utilizar 2 baterías Ultracell AGM Ciclo profundo de 20Ah a 12v conectadas en paralelo. La conexión en paralelo genera una salida de 12v y 40Ah de capacidad. Además, se considera un factor de descarga del 80% para salvaguardar la vida útil de las baterías, por lo cual, la potencia que podría generar dicho banco al día es de:

$$40\text{Ah} \times 12\text{V} \times 0,8 = 384 \text{ [Wh/día]}$$

Además, cabe destacar que el consumo diario de energía del sistema es de 240 Wh/día. Por lo cual con esa capacidad de almacenamiento podría tener energía para alimentar el sistema por:

$$384 / 240 = 1.6 \text{ días} = 1 \text{ día (8 hrs)} \text{ y } 0.6 \times 8 = 4.8 \text{ hrs extras como margen de seguridad.}$$

La figura 2-29 muestra los diagramas del banco de baterías.

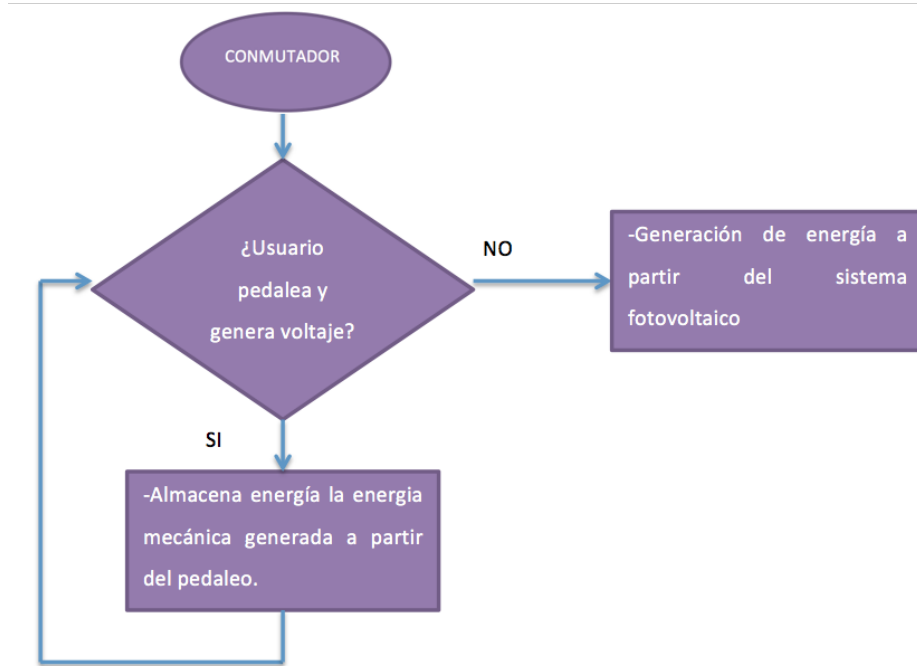


Fuente: Elaboración propia

Figura 2-29. Diagrama de Conexión del Banco de Baterías

2.4.1. Control y funcionamiento del conmutador del método de carga

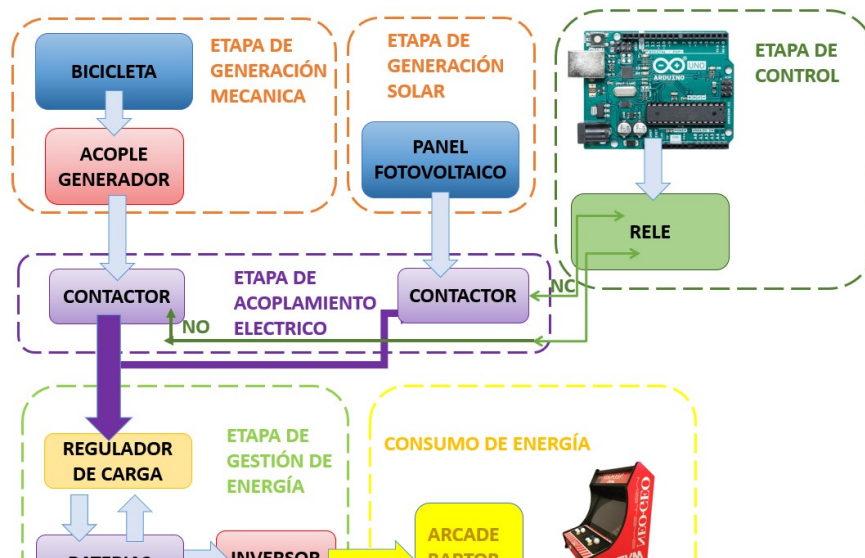
fotovoltaico. La lógica con la cual trabaja el conmutador está representado por el diagrama de flujo de la Figura 2-30



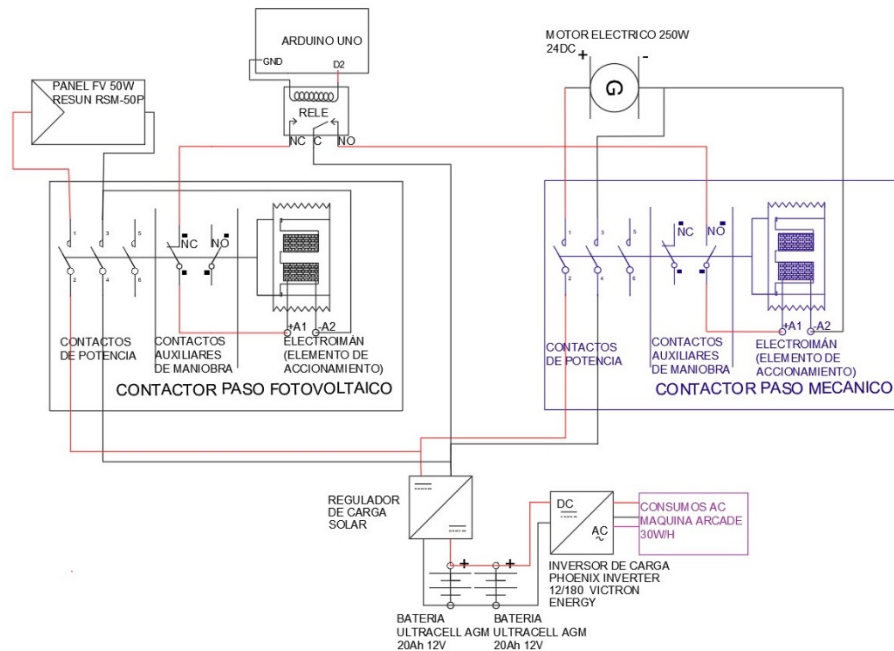
Fuente: Elaboración propia

Figura 2-30. Lógica del conmutador

Haciendo alusión a la Figura 1-2 del Esquema de Producción de Energía y para entender en mejor forma, se realizó el diagrama de la Figura 2-31, en la cual se indica el instrumento encargado por cada etapa de la cogeneración de energía.



Como es posible notar, el conmutador escogido es un módulo Relé que será controlado por el Microprocesador ARDUINO UNO. Este relé tendrá en su contacto normalmente cerrado el contactor que acciona el almacenamiento de energía desde el Panel Fotovoltaico, el cual operará durante el tiempo en que no exista un usuario pedaleando. En el contacto normalmente abierto, del Relé, se encontrará conectado el contactor que permite alimentar la batería desde el generador eléctrico que funciona con la bicicleta estática. El relé cambiará de estado (normalmente cerrado a normalmente abierto) al comenzar el conteo del cronómetro para la generación de ficha, pasado ese tiempo volverá a su estado original. El diagrama de conexión de los contactores y el relé se muestra en la Figura 2-32.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-32. Diagrama de conexión de Contactores

2.5. CONTROL DEL SISTEMA DE ACOPLAMIENTO Y FUNCIONAMIENTO DEL ARCADE

Se refiere a la programación de todos los softwares usados para conseguir el funcionamiento del “Arcade a pedales”.

El control del funcionamiento del sistema se realizará por ARDUINO UNO, el cual recibirá las

2.5.1. Sistema operativo RECALBOX

Como se mencionó previamente Raspberry pi es un computador de tamaño reducido al cual se le instala su sistema operativo directamente en la tarjeta micro SD. Actualmente existen sistemas operativos especializados en la emulación de videojuegos, el que se utilizará en esta ocasión será RECALBOX.

RECALBOX: Recalbox es un sistema gratuito (que recibe donaciones mediante su página web) que permite reproducir una amplia variedad de consolas de videojuegos y plataformas, al mismo tiempo el usuario será capaz de crear su propio centro multimedia. Con kodi, que es el sistema de multimedia que viene ya instalado con "RECALBOX", se puede transmitir vídeos, escuchar música, ver series o películas desde cualquier dispositivo externo compatible (PC, disco duro externo, SD Card, etc.), es un completísimo emulador de consolas que se mantiene constantemente actualizado y además es gratuito, su logo se puede visualizar en la figura 2-33.



Fuente: www.recalbox.com

Figura 2-33. Logo de Recalbox

Sistema Recalbox es compatible con las siguientes plataformas

- Raspberry Pi 1, B o B+
- Raspberry Pi Zero

Recalbox utiliza variados componentes impresionantes y ya existentes Emulationstation2 como interfaz, piFBA y Retroarch como emuladores y RaspberryPI NOOBS como sistema de instalación/recuperación.

Características:

-Soporte para Atari 2600, Atari 7800, NES, Game Boy, Game Boy color, Game Boy Advance, Super Nintendo, Famicom Disk System, Master System, Megadrive (Genesis), Gamegear, Game and Watch, Lynx, NeoGeo, NeoGeo Pocket, FBA (algunas ROMs), iMame4all (algunas ROMs), PCEngine, Supergrafx, Amstrad CPC, MSX1/2, ZX Spectrum, PSX, Sega Cd, Sega 32X, Sega SG1000, Playstation, ScummVM, Vectrex, VirtualBoy y Wonderswan.

Construido con buildroot, el sistema de archivos raíz tan solo utiliza 200MB comprimido, el sistema de recuperación basado en NOOBS: se reinstala directamente desde la tarjeta SD o descarga la última versión de la red.

-Soporte para Wifi.

-Actualización en línea.

-Acceso por red a los directorios de roms, capturas de pantalla, partidas salvadas y configuración (vía SAMBA o interfaz Web)

-Configuración de controladores en el interfaz: Configura una vez, juega cuando quieras.

-Soporte incluido para comandos PS3, Xbox360, 8BitDo y Bluetooth (emparejar y jugar) - Controladores GPIO incluidos para comandos arcade, NES, SNES Megadrive, PSX y XinMo 2 players.

-Soporte para Miroof's Virtual Gamepad (usa tu teléfono como comando)

-Interfaz basado en el gran EmulationStation2 de Aloshi.

-Música de fondo en la interfaz.

-Gestión de favoritos (selecciona tus juegos favoritos y oculta el resto)

-Francés, inglés, español, alemán, italiano y portugués, y en el futuro más traducciones con tú ayuda.

-Versión optimizada de FBA con soporte para cuatro jugadores.

2.5.2. Instalación

Para su instalación es necesario una tarjeta micro SD (mínimo de 8GB y de clase 10) formateada en FAT32, para continuar se descarga el archivo recalboxOS.zip de la última versión de recalboxOS directamente desde www.recalbox.com. Al descomprimir el archivo *recalboxOS.zip* se deben copiar todos los archivos descomprimidos a tu SD. Para finalizar simplemente introduzca la micro SD en la raspberry, el monitor HDMI y su alimentación. Al encender comenzará con el sistema operativo Recalbox.

2.5.3. Control de velocidad

En el trabajo con el motor se investigó y se dedujo que posee un rango de velocidad óptima en la cual trabaja el motor y para llevar un control sobre esta variable se realizó un programa en ARDUINO UNO, lo primordial para la implementación del velocímetro es un Sensor Efecto Hall.

2.5.3.1. Arduino uno

Arduino UNO es una placa basada en el microcontrolador ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 6 pueden ser usados como PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de 16Mhz, conexión USB, conector jack de alimentación, terminales para conexión ICSP y un botón de reseteo. Tiene toda la electrónica necesaria para que el microcontrolador opere, simplemente hay que conectarlo a la energía por el puerto USB ó con un transformador AC-DC. Arduino uno se presenta en la figura 2-34.



2.5.3.2. Módulo Sensor de Campo Magnético

Un sensor Hall es un dispositivo que permite realizar mediciones de campo magnético. Una ventaja importante de los sensores Hall es que realizan la medición a distancia, sin necesidad de contacto físico. Aunque su alcance es limitado (típicamente pocos centímetros) esto supone que no presentan desgaste mecánico, además son inmunes a ruidos y polvo, esto los convierte en sensores fiables y duraderos. Por lo general se utilizan de dos tipos:

- Analógicos. Generan una salida proporcional a la intensidad del campo magnético. Empleados para medir la intensidad de un campo magnético

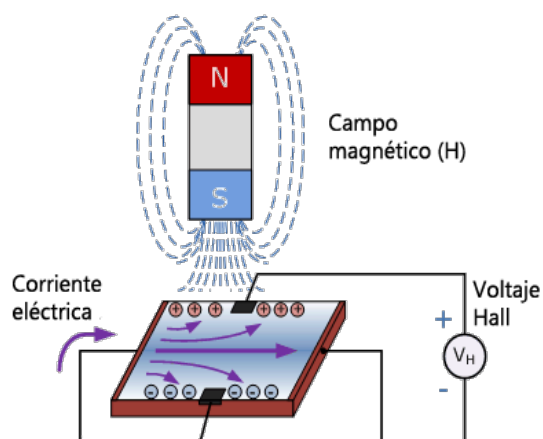
- Digitales. Proporcionan un valor alto en presencia de campo magnético, y bajo en ausencia del mismo. Por tanto, son empleados para detectar la existencia de campos magnéticos, a su vez se dividen en:

- Switch: se activan al acercar el polo, y se desactivan al retirar el polo.

- Latch: se activan al acercar un polo, y mantienen su valor hasta que se acerca un polo contrario.

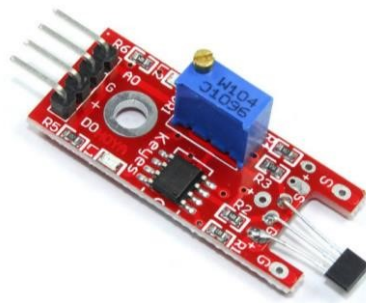
2.5.3.3. Funcionamiento

Al hacer circular una corriente eléctrica a lo largo de un semiconductor en presencia de un campo magnético, los electrones son desviados por efecto del campo magnético, dando lugar a una tensión perpendicular a la corriente y al campo magnético. Midiendo esta tensión originada por el efecto Hall es posible conseguir construir sensores y medidores de campos magnéticos. Tal como indica la figura 2-35.



2.5.3.4. Tacómetro digital

En del proyecto se utilizará el Módulo Sensor de Campo Magnético Lineal Efecto Hall Modelo KY024 (presentado en la figura 2-36) para el conteo de revoluciones que realiza la rueda delantera de la bicicleta, la cual se encontrará en contacto directo con el generador y será la encargada de hacer girar el rotor y de esta forma, generar energía eléctrica.



Fuente: http://www.maxelectronica.cl/complementos-y-accesorios/613-modulo-sensor-de-campo-magnetico-lineal-efecto-hall-modelo-ky-024.html?search_query=sensor+efecto+hall&results=37

Figura 2-36. Módulo Sensor de Campo Magnético Lineal Efecto Hall Modelo KY024

Lo primero que se debe hacer es colocar un imán en el borde de la rueda de la bicicleta y ajustar una distancia óptima para que su campo magnético pueda perturbar la circulación de corriente en el sensor Efecto Hall y así producir un pulso de tensión, el cual será contabilizado con el Arduino, tal como se indica en la figura 2-37.



En la programación se realizarán dos lecturas, separadas por 10 milisegundos, en el pin donde se encuentra la lectura del Sensor de Efecto Hall, lo cual se realiza para solucionar el fenómeno de "bounce" o rebote. El fenómeno de "bounce" es un efecto producido al ejecutar un conteo de vueltas, el sensor no reacciona o a veces cuenta más de una vuelta. Esto se produce durante el primer milisegundo de cada conteo produciendo pequeñas variaciones de la señal de entrada que hacen que los valores HIGH y LOW obtenidos alternan rápidamente (esto también ocurre con los pulsadores). En la figura 2-38, se mostrará el bloque de programación correspondiente al conteo de las vueltas:

```
void loop(){ //Si los estados no son iguales, no se realiza el conteo
  estadoActual1=digitalRead(3);
  delay(10);
  estadoActual2=digitalRead(3);

  if (estadoActual1 == estadoActual2) {
    if (estadoActual1 != estadoUltimo){
      if (estadoActual1 == HIGH) {
        contador = contador + 1;
        Serial.print ("Vueltas ");
        Serial.println(contador);
        distancia();
        VEL();
      }
    }
  }
  estadoUltimo= estadoActual1;

  if (contador%2 == 0 ) {
    digitalWrite(4, LOW);
  }
  else {
    digitalWrite(4, HIGH);
  }
  PantallaLCD();
}
```

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-38. Programación número de vueltas

Lo segundo a realizar es un medidor de distancias recorrida, para ello se debe conocer la medida del radio de la rueda y con esa medida se podrá calcular la medida del perímetro de la circunferencia, lo cual es equivalente a la distancia que recorre en cada vuelta. En la figura 2-39 se muestra el programa realizado para ejecutar esta función de medir distancias recorridas.

-Radio bicicleta estática: $r = 13cm$

```

void distancia(){
    distRecorrida=perimetroRueda*contador;
    distKM=distRecorrida/1000;
    if(distRecorrida<=999){
        Serial.print("Distancia recorrida en m= ");
        Serial.println(distRecorrida);
    }
    else{
        Serial.print("Distancia recorrida en Km= ");
        Serial.println(distKM);
    }
}

```

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-39. Programación distancia recorrida

Para finalizar se debe realizar la medición de la velocidad a la cual se pedalea. Es importante recordar que la velocidad es la distancia recorrida en un intervalo de tiempo, es por esto que se toman dos muestras de tiempo para calcular el diferencial. Se designarán dos variables en las cuales se medirá el tiempo con la función millis (), así se logrará saber cuánto tiempo transcurre entre cada vuelta de la bicicleta.

Al tener estas dos variables ya se puede calcular la Velocidad, la que se debe entregar en Km/hrs, para esto es necesario hacer la conversión de milisegundos, primero hay que dividir los milisegundos por 1000, ahora la unidad es segundos y esto es lo que se debe que llevar a minutos, dividiendo por 60. Finalmente se llevará a horas dividiendo una vez más por 60, para de este modo obtener el numero de vueltas, representado en la figura 2-40.

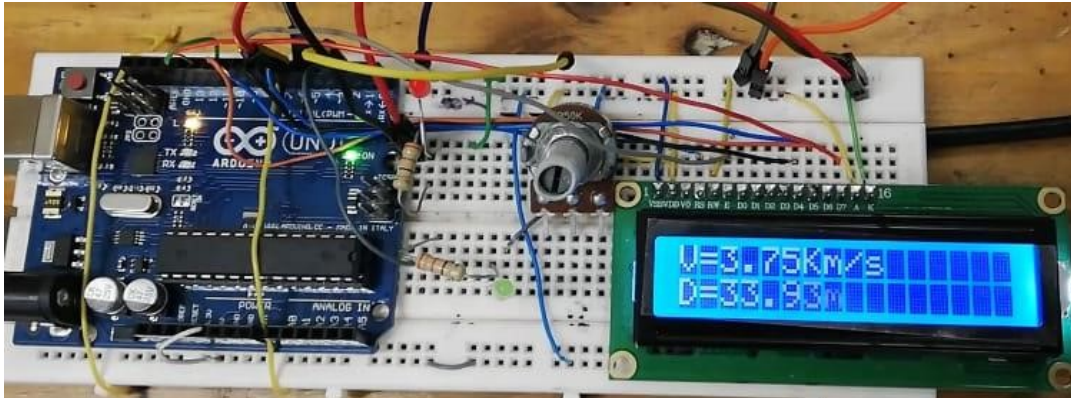
$$\text{"Tiempo en horas"} = (((\Delta \text{Tiempo}/1000)/60)/60).$$

```

void VEL(){
    if (contador%2 == 0 ) {
        tiempo1=millis();
    }
    else {
        tiempo2=millis();
    }
    tiempo3=abs(tiempo2-tiempo1); //hay que pasar el tiempo a hrs
    tiempo4=(((tiempo3/1000.0)/60)/60);
    velocidad=((perimetroRueda/1000)/tiempo4); //se divide el perimetro para llevarlo a km
    Serial.print("velocidad= ");
    Serial.println(velocidad);
}

```

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-41. Muestra de velocidad y distancia

2.5.4. Tiempo de pedaleo

Para contabilizar el tiempo de pedaleo se generará un cronómetro digital con Arduino, su programación se representa en la figura 2-42. Este comenzará a funcionar cuando el usuario accione un botón “Comenzar a pedalear”, el cual además accionará el Relé, permitiendo que se accione el contactor que permitirá cargar la batería a partir del generador eléctrico.

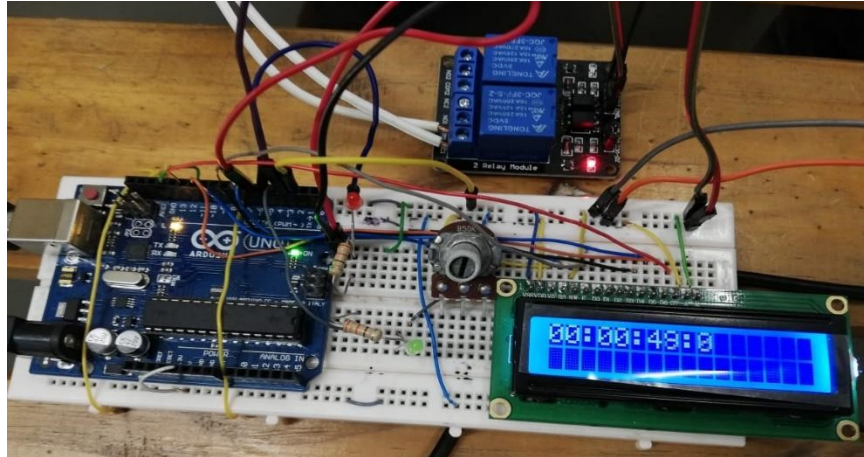
```

}
//Pause/Botón para comenzar conteo del cronómetro
if(digitalRead(pausa) == HIGH){
    delay(200);
    while(digitalRead(pausa) == LOW);
    delay(200);
}
milisegundos = millis();
if(milisegundos % 100 == 0){ //Only enter if it has passed tenth of a second
    decimas++;
    if(decimas == 10){ // cuando hayan pasado 10 décimas de segundo contará un segundo
        decimas = 0;
        segundos++;
    }
    if(segundos == 60){ //cuando hayan pasado 60 segundos contará un minuto
        segundos = 0;
        minutos++;
    }
    if(minutos == 60){ //cuando hayan pasado 60 minutos contará una hora
        minutos = 0;
        horas++;
    }
}

```

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-42. Programación cronómetro



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-43. Cronómetro y relé

2.5.4.1. Ficha Virtual

Para poder generar la ficha virtualmente se realizó mediante dos funciones en la programación del Arduino UNO, una llamada “ficha()”, la cual será la encargada de enviar 3 señales intermitentes al interfaz del Raspberry en donde iría la conexión del fichero o botón que entrega el crédito para jugar, que se transformarán en 3 nuestras fichas para comenzar el juego, y una función “detención()”, que se hará cargo de volver el cronómetro a cero para comenzar nuevamente con el pedaleo y la generación de fichas virtuales. La programación de esta función se presenta en la figura 2-44.

```

}
void detencion(){
  if (minutos==1){
    minutos = 0;
    segundos = 0;
    decimas = 0;
    milisegundos = 0;
  }
}

void ficha(){
  if (minutos==1){
    digitalWrite(ledPIN , HIGH); // poner el Pin en HIGH
    lcd.clear();
    Serial.println ("+1 coin");
    lcd.print("+1 coin");
    delay(200); // esperar un segundo
    digitalWrite(ledPIN , LOW); // poner el Pin en LOW
    delay(200);
    digitalWrite(ledPIN , HIGH); // poner el Pin en HIGH
    lcd.clear();
    Serial.println ("+2 coin");
    lcd.print("+2 coin");
    delay(200); // esperar un segundo
    digitalWrite(ledPIN , LOW); // poner el Pin en LOW
    delay(200);
    digitalWrite(ledPIN , HIGH); // poner el Pin en HIGH
    lcd.clear();
  }
}

```

En la Figura 2-45 es posible apreciar la generación de las fichas después de haber transcurrido el tiempo determinado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-45. Generación de Ficha Virtual

2.6. PLANOS DE MUEBLE ARCADE

En la red se encuentran distintos diseños de muebles para arcades. Siguiendo las dimensiones presentes en imágenes de pinterest, con cotas de dimensiones, se transcribió la información al software de Autocad como se presenta en la figura 2-46. Con la finalidad de generar coordenadas para cortar madera en una máquina CNC existente en los laboratorios de la universidad, pertenecientes a la carrera de Ingeniería en Fabricación y Diseño Industrial. Lamentablemente la máquina CNC se averió mientras se generaba la coordinación con los actores necesarios para utilizarla, por lo cual queda para trabajos futuros la coordinación y ejecución de cortes de madera en la máquina CNC.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-46. Planos Arcade tipo Bartop

En consecuencia, la madera fue cortada a mano, utilizando como guía los planos de autocad impresos a escala 1:1. En la Figura 2-47 se presenta el mueble en proceso de armado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-47 Bartop Trabajada a Mano

3. RESULTADOS

La primera sección de este capítulo presentará los resultados obtenidos basándose en las pruebas realizadas durante el proyecto. Se presentarán los resultados logrados en forma cuantitativa, para comprenderlos en mejor forma.

Se comentarán los aprendizajes obtenidos durante el desarrollo de la presente investigación y a su vez se expondrán de posibles proyecciones y mejoras que pudiesen realizar aquellos interesados en retomar y profundizar más en la investigación de la cogeneración de energía.

3.1. PRIMEROS INTENTOS “PRUEBA EN ALTERNADOR”

Las pruebas con el alternador no resultaron concluyentes. Los alternadores de automóvil están diseñados para trabajar a altas RPM, las cuales al transitar en un vehículo a una velocidad promedio de 60 km/h o menor son fácilmente alcanzables, por lo cual, al lograr y mantener la velocidad de trabajo, entrega un voltaje constante de 14 v gracias a un regulador de carga interno con el que trabaja el alternador disponible y, además, puede alcanzar 70A de generación. El alternador utilizado se presenta en la figura 3-1.



Fuente: https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_657481-MLB31346336014_072019-Q.jpg

Figura 3-1. Alternador Bosch

Para trabajar con este alternador se utilizó una correa para trabajar, como se puede apreciar en la Figura 3-2.



Fuente: https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_657481-MLB31346336014_072019-Q.jpg

Figura 3-2. Alternador Bosch

En contraste, al conectar el alternador a una bicicleta, se logró generar 14V sin gran dificultad sin un consumo conectado. Al momento de conectar la batería al alternador, la Fuerza electromotriz inducida por el campo electromagnético en el generador es de gran magnitud debido a que la batería disponible es de alta capacidad de almacenamiento 70Ah. La tabla 3-1 representa el rendimiento energético con el alternador.

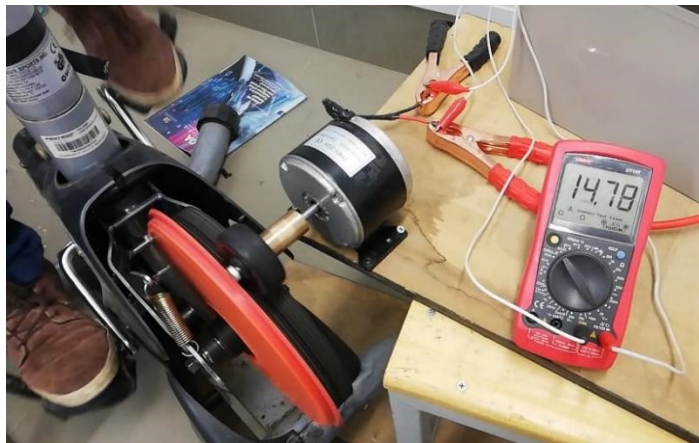
Tabla 3-1. Rendimiento Generación de Energía con Alternador

Tiempo de pedaleo	ALTERNADOR		Batería
(min)	Corriente (A)	Voltaje (V)	Voltaje (V)
0			12.7
0,5	0,83	14,2	
1,0	0,91	14,25	
1,5	0,9	14,23	
2,0	0,8	14,1	

Al intentar pedalear, sucede que la fuerza requerida no permite realizar un ciclo de pedaleo continuo, el pedaleo se daba por tramos, incluso impidiendo pedalear durante 5 minutos. En las pruebas realizadas, el usuario solo logró alcanzar 3 minutos de pedaleo continuo, el esfuerzo físico era demasiado alto y el pedaleo por tramos, se determinó desechar como opción el uso del alternador.

3.2. PRUEBAS DE MOTOR ELÉCTRICO

A continuación, se describe el rendimiento del motor a utilizar como generador eléctrico. El acople del eje del motor con la bicicleta es por medio de fricción entre ambas ruedas, tal como ilustra la Figura 3-3.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-3. Prueba Generador Eléctrico

Para esta prueba se utilizó una batería de 12Vdc y una capacidad de 20 Ah, como se observa en la Figura 3-4.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-4. Batería 12V 20AH

En esta prueba se registró el voltaje de salida del motor y la corriente de entrada a la batería. Para poder demostrar que se cargó la batería se midió su voltaje previamente y una vez finalizada la prueba, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3-2

Tabla 3-2. Resultados prueba Motor Eléctrico

Tiempo	Batería		Motor
	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Voltaje (V)
0	12.47	0	0
0.5		1.5	15.8
1		1.15	17.6
1.5		0.9	14.7
2.0		1	16.5
2.5		0.84	16
3.0		0.95	16.8
3.5		0.78	17
4.0		0.78	15.8
4.5		0.7	16

En la tabla 3-2, es posible observar una prueba de pedaleo de un usuario durante 5 minutos continuos. Se monitorean voltaje y corriente de entrada de energía en la batería y voltaje generado en el motor. Al finalizar la prueba, se desconecta la batería del sistema para evitar pérdidas parásitas de energía y se monitorea el voltaje en la batería después de 10 minutos de haber pedaleado y la batería mantenía su carga.

Luego de 2 ciclos de pedaleo durante 5 minutos cada uno, se realizó un balance de la energía inicial registrada en la batería y la energía final registrada tal como muestra la tabla 3-3. Tras 10 minutos de pedaleo constante, la batería tiene una carga de 12.99V.

Tabla 3-3. Comparación Voltaje inicial vs Voltaje final de la batería

Balance de energía en la batería	
V _{inicial}	V _{final}
12.47 (V)	12.99 (V)

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1. Pruebas con una batería de 70Ah

En esta prueba se utilizó una batería de gran capacidad de almacenamiento, 70 Ah 12Vdc. Al comenzar a pedalear se percibe inmediatamente el aumento del esfuerzo físico para sacar la bicicleta de la inercia, respecto a las pruebas anteriores realizadas con una batería de 12Ah. Se entiende que este efecto es debido a la fuerza electromagnética presente en el motor eléctrico al cerrar el circuito. Los polos del núcleo magnético del motor, se energizan y polarizan, tendiendo a mantener la inercia. La batería por utilizar se puede observar en la Figura 3-5.



La Tabla 3-4 entrega sus especificaciones técnicas.

Tabla 3-4. Especificaciones Batería 12V 70AH

Especificaciones		
	Voltaje Nominal	12V
	Capacidad Nominal (10HR)	75AH
Tipo de terminal	Terminal estandar	BOLT & NUT TYPE
	Terminal opcional	
Material contenido	Opción estandar	ABS
	Opción retardante de llama	ABS (UL94:VO available)
Capacidad nominal	78.0AH/3.90A	(20hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	75.0 AH/7.50A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	66.0AH/13.2A	(5hr, 1.70V/cell, 25°C / 77°F)
	60.3 AH/52A	(3hr, 1.70V/cell, 25°C / 77°F)
	45.8 AH/45.8A	(1hr, 1.60V/cell, 25°C / 77°F)
Máxima corriente de descarga	900 A (5s)	
Resistencia interna	Approx 6.6mΩ	
Características de descarga	Rango de temperatura de funcionamiento	Descarga: -15 ~ 50°C (5 ~ 122°F)
		Carga: 0 ~ 40°C (32 ~ 104°F)
		Almacenaje: -15 ~ 40°C (5 ~ 104°F)
	Rango nominal de temperatura de funcionamiento	25 ± 3°C (77 ± 5°F)
	Rango nominal de temperatura de funcionamiento	Carga corriente inicial menos de 22.5A Voltaje 14.4V ~ 15.0V at 25°C (77°F) Temp
	Uso standby	No límite en la corriente inicial de carga corriente 13.5V ~ 13.8V at 25°C (77°F) Temp
	Capacidad afectada por la temperatura	40°C (104°F) 103%
		25°C (77°F) 100%
		0°C (32°F) 86%
Diseño de vida de flotación 20°C	4 ~ 6 años	
Autodescarga	Las baterías Curtiss pueden almacenarse hasta 6 meses a 25°C(77°F), entonces una recarga será necesaria. Para temperaturas más altas el intervalo de tiempo para realizar esta recarga será menor.	

Fuente: <http://imosolar.cl/baterias-ciclo-profundo/#>

Los resultados de dichas pruebas de generación eléctrica, en síntesis, fueron los entregados por la Tabla 3-5.

Tabla 3-5. Resultado de pruebas

Pruebas de Almacenamiento de energía tras 5 minutos de pedaleo constante			
Tiempo (min)	Voltaje Batería (V)	Voltaje del Motor (V)	Descripción
0	12.36	0	V inicial batería 70 Ah luego de 1 ciclo de pedaleo 5 min
1	12.26	13	Registro de Voltaje de generación y almacenamiento
1.5	12.77	13	idem
2.0	13.02	13	idem
2.5	13.0	14	idem
3.0	12.96	13	idem
3.5	13.01	13	idem
4.0	12.97	13	idem
4.5	12.88	14	idem
5.0	13.2	14	idem
0	12.56	0	V final de Batería luego de 2 ciclos de pedaleo 10 min.

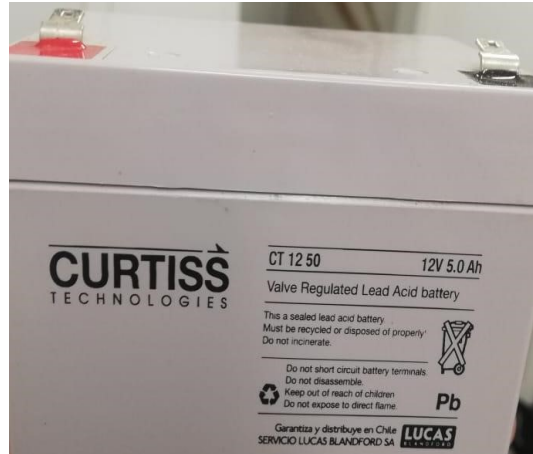
Fuente: Elaboración Propia

3.3. PRUEBAS DE COMPROBACIÓN DEL REGULADOR DE CARGA

Martes 2 julio, 14hrs:

Se realizaron pruebas de voltaje en el motor y en la batería. Se busca comprobar que el regulador de carga PWM limitaba el voltaje de entrada a la batería. Para ello se usó la batería más pequeña a disposición presentada en la figura 3-6. La intención es analizar las diferencias de fuerza electromotriz que genera el campo electromagnético al pedalear y perturbar al motor

“Laboratorio de Energías Renovables (LER)” y se necesitaba comprobar si mantenía su capacidad de almacenar carga.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-6. Batería 12V 5Ah

De esta prueba se comprueba que el regulador de carga PWM utilizado tiene la característica de modular el voltaje de entrada a la batería. Entregando un voltaje mucho menor a la entrada de voltaje que recibe desde el motor eléctrico al utilizarlo como generador de energía accionado por el pedaleo. Se concluye que la batería utilizada no estaba en condiciones de funcionamiento, no lograba retener voltaje y tampoco alcanzaba los 12v de carga. Se obtuvieron los valores presentados en la Tabla 3-6

Tabla 3-6. Prueba batería 12V 5Ah

Tiempo (min)	Voltaje Batería (V)	Voltaje del Motor (V)
0	9.84	0
0.5	9.62	18
1	9.70	18
1.5	9.70	19
2.0	9.71	17
2.5	9.71	18
3.0	9.74	18
3.5	9.75	18
4.0	9.15	18

3.4. PRUEBAS CONSUMO ENERGÉTICO DE ARCADE

Arcade siendo alimentada energéticamente con una batería de 70Ah conectada al inversor, los datos se registraron en la tabla 3-7.

Tabla 3-7. Monitoreo de descarga de voltaje en la batería al conectar el consumo

Tiempo (min)	Voltaje Batería (V)	Descripción
0	12.4	<i>Tensión inicial de la batería sin consumo</i>
20	12.1	idem
0	12.22	<i>Tensión en la batería al apagar el inversor</i>
2 horas de trabajo	12.1	<i>Voltaje final de la batería luego de 2 horas de trabajo.</i>

Fuente: Elaboración propia

3.5. DIMENSIÓN DE CONDUCTORES NECESARIOS PARA CONEXIÓN DE COMPONENTES

Para definir qué conductores utilizar para la conexión de componentes en el sistema, se analiza la norma técnica de instalaciones eléctricas “Norma NCh Elec 4/2003” representada en la tabla 3-8. En la cual se estipula la intensidad de corriente de trabajo en el conductor y como depende de la temperatura ambiental y de servicio a la que está sometido el cable. Además, la cantidad de intensidad de corriente admisible por conductor depende de si los cables son canalizados (Grupo A) o están al aire libre (Grupos B). Para el caso que compete, se enfocará el análisis en el grupo B.

Tabla Nº 8.7a
 Intensidad de Corriente Admisible para Conductores Aislados
 Fabricados según Normas Norteamericanas. Secciones AWG.
 Temperatura Ambiente de: 30° C.

Sección [mm ²]	Temperatura de servicio [°C]					
	60		75		90	
	Tipos TW, UF		Tipos THW, THWN, TTU, TTMU, PT, PW		Tipos THHN,XTU,XTMU, EVA, USE-RHH, USE-RHHM, ET, EN	
	Grupo A	Grupo B	Grupo A	Grupo B	Grupo A	Grupo B
2,08	20	25	20	30	25	35
3,31	25	30	25	35	30	40
5,26	30	40	35	50	40	55
8,37	40	60	50	70	55	80
13,3	55	80	65	95	75	105
21,2	70	105	85	125	95	140
26,7	85	120	100	145	110	165
33,6	95	140	115	170	130	190
42,4	110	165	130	195	150	220
53,5	125	195	150	230	170	260
67,4	145	225	175	265	195	300

Grupo A.- Hasta tres conductores en ducto, en cable o directamente enterrados.

Grupo B.- Conductor simple al aire libre. Para aplicar esta capacidad, en caso de conductores que corran paralelamente, debe existir entre ellos una separación mínima equivalente a un diámetro del conductor.
 No obstante lo indicado en la tabla, las protecciones de cortocircuito de los conductores de 2,08 mm², 3,31 mm² y 5,26 mm², no deberán exceder de 16, 20 y 32 A, respectivamente.

Fuente: Norma NCh Elec 4/2003

Tabla 3-8 Norma NCH

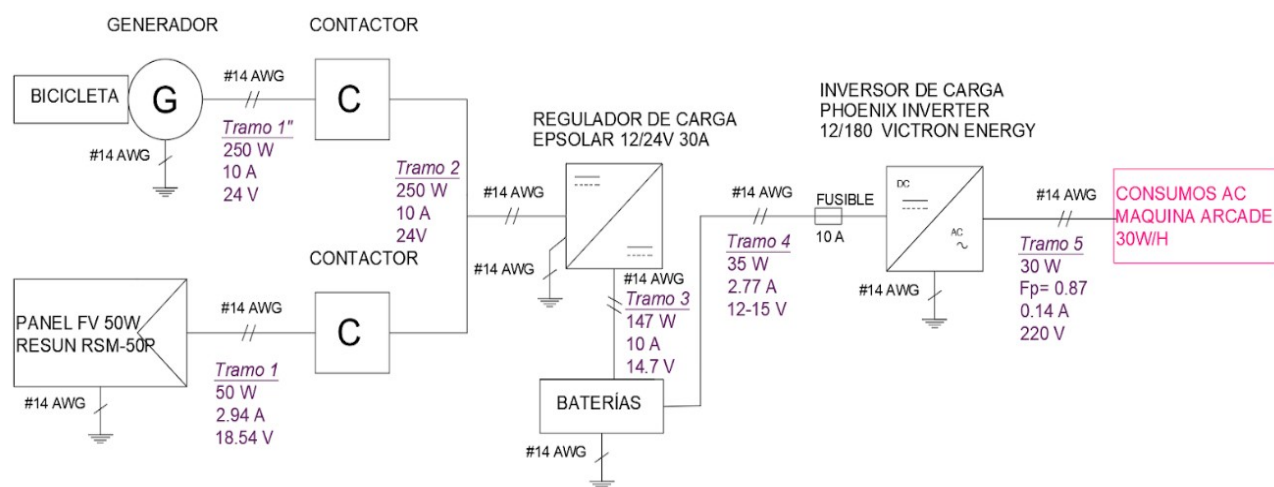
Además, cabe destacar que la corriente máxima en el caso a implementar estará determinada por la corriente máxima del generador eléctrico, la cual es de 10 A. Es decir, se elegirán conductores para ciertos tramos de conexión de menor diámetro que el menor desde el cual parte la tabla en la norma, sin embargo, para el análisis teórico, los cálculos se basan para actuar dentro de los márgenes de la Norma Eléctrica NCh 4/ 2003. Para términos de análisis y construcción de esquemas unilineales, se utilizará la nomenclatura de secciones americana de conductores eléctricos (AWG), la cual tiene una equivalencia en secciones nominales expresadas en mm² tal como indica la Tabla 3-9.

Tabla 3-9 Equivalencia de secciones AWG-mm²

Calibre AWG/MCM	Sección nominal [mm ²]
14	2,08
12	3,31
10	5,26
8	8,37
6	13,3
4	21,2
3	26,7
2	33,6
1	42,4
1/0	53,5
2/0	67,4
3/0	85
4/0	107,2
250	126,7
300	152
350	177,3
400	202,7
500	253
600	304
700	
750	380
800	
900	
1.000	506,7

Fuentes. Norma NCH Elec 4/2003

En síntesis, el esquema general de dimensionamiento de conductores, protecciones eléctricas y las especificaciones de los voltajes y corrientes de trabajo del sistema, quedan indicadas en el diagrama unilineal de la Figura 3-7.

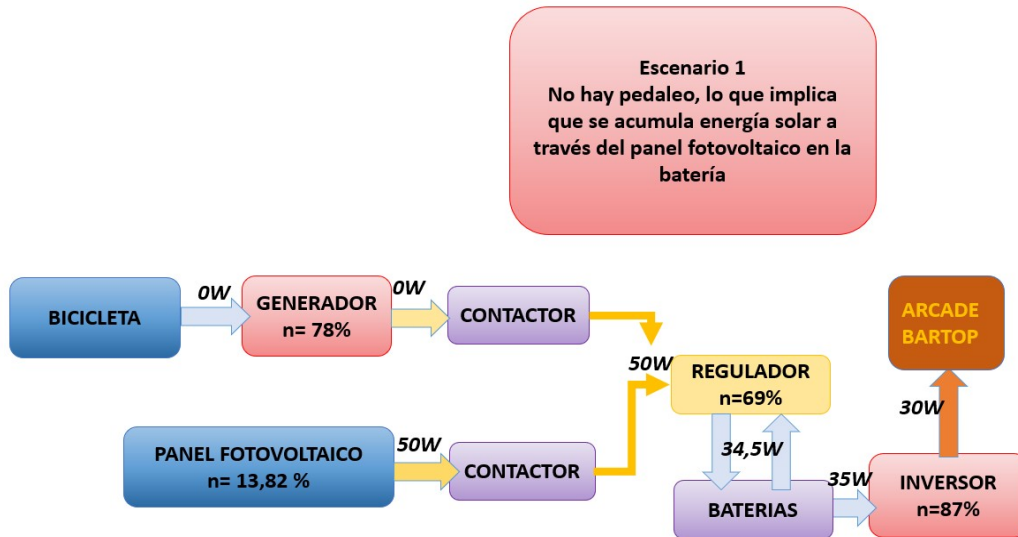


Fuente: Elaboración propia en autocad

Figura 3-7. Diagrama Unilineal del sistema Arcade a Pedales

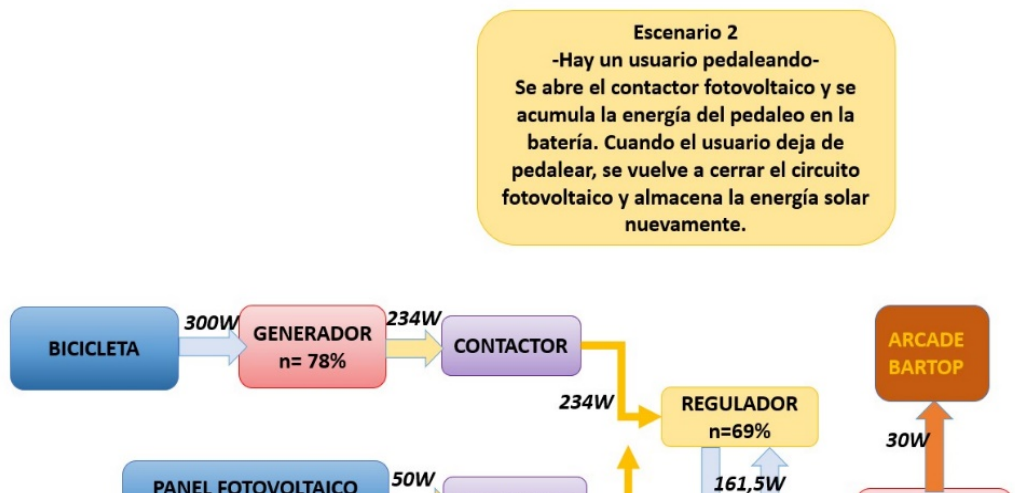
3.6. FLUJO DE ENERGÍA DENTRO DEL SISTEMA CONSIDERANDO LAS EFICIENCIAS DE LOS COMPONENTES

Al analizar las fichas técnicas de cada componente a utilizar, se puede realizar un esquema que relaciona el flujo de energía desde las fuentes hasta los consumos. Para una comprensión más gráfica del sistema propuesto, se presentan 2 escenarios complementarios en las figuras 3-8 y 3-9, de estados de generación energética del sistema propuesto.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-8. Flujo de energía escenario 1



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos fueron alentadores ya que se demostró la posibilidad de generar energía eléctrica intermitente mediante actividad humana como es el pedaleo de una bicicleta.

Además, fue posible configurar un sistema de acoplamiento eléctrico (accionado por contactores), que permite tener 2 distintas fuentes de energía, con voltajes variables, conectadas a un mismo regulador de carga y baterías. Esto abre posibilidades a trabajos futuros en los cuales se utilicen otras fuentes de energía o incluso, el mismo pedaleo, pero con un acoplamiento mecánico distinto al del roce –utilizado en esta investigación- hacia el generador eléctrico, lo cual podría mejorar la eficiencia general del sistema.

Es importante considerar que, por encima del enfoque financiero, se establece que el objeto de esta alternativa tecnológica es prioritariamente la conciencia sobre el esfuerzo físico necesario a impulsar para generar energía eléctrica a través del pedaleo y la generación de conciencia con respecto al uso racional de la energía.

Por otro lado, se concluye que existen distintas fuentes de energía intermitentes que pueden ser estudiadas y lograr desarrollar sistemas de generación para entregar soluciones a problemas locales. En internet se encuentra bastante información de la bici-artefactos, artilugios que permiten tener funciones como una lavadora, licuadora, bombeo de agua sin necesidad de depender de una fuente de energía eléctrica constante, sino aprovechando la transformación mecánica del pedaleo en trabajo útil.

También, se puede concluir que, si en el diseño se dispone de un regulador de carga MPPT, eso puede generar mejoras de eficiencia significativa en cuanto a la energía que se acumula en las baterías. Cabe destacar que el regulador utilizado era PWM y tiene una eficiencia de 69% aprox. Mientras que un regulador MPPT tiene una eficiencia de transformación de energía cercana a un 99%.

Además, se destaca la importancia de disponer de espacios independientes para la investigación y desarrollo de proyectos en el alumnado. Este trabajo de título no hubiese podido realizarse de no disponer de un espacio con la suficiente plasticidad para realizar pruebas, levantar datos y almacenar los componentes. Con las movilizaciones sociales presentes de este año, no era

departamentos que agrupan carreras de áreas similares. Generar espacios independientes de interacción entre alumnos de diferentes carreras es fundamental para impulsar la innovación y el desarrollo local dentro de la sede “José Miguel Carrera” de la Universidad Federico Santa María.

Con el fin de dar continuidad con el desarrollo del Arcade a Pedales para hacer un estudio aún más profundo y dedicado, en cuanto a la eficiencia de la Cogeneración energética y de la programación, se procede a dejar algunos consejos para quienes quieran involucrarse con el futuro desarrollo del trabajo. Los trabajos futuros que se pudiesen realizar se involucran tanto en parte de la programación como en la estructura en sí del Sistema.

Como se concluyó, para realizar pruebas con un alternador, es necesario contar con una bicicleta que tenga una rueda de un diámetro mayor al que se utilizó durante el proyecto, o también se puede solucionar con un sistema de poleas para controlar la relación de RPM con el diámetro de las poleas a utilizar. Un claro ejemplo será utilizar una bicicleta tradicional que cuente con cambios de marcha, con un montaje para el alternador y su respectiva correa de distribución, como la que se aprecia en la Figura 3-10.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-10. Bicicleta de ruta para trabajos futuros

En otro posible trabajo futuro se podría cambiar el sistema de entrega de fichas para el usuario, debido a que mediante un cronómetro no hay verificación que el usuario este pedaleando. Sería

Por parte de la transmisión del acople directo por roce entre el generador y la bicicleta estática, como muestra la Figura 2-19, se propone utilizar una rueda dentada y cadenas, tanto en la bicicleta como en el generador, debido a que durante las pruebas del proyecto se observó un claro desgaste en la rueda del generador, hasta el punto que se tuvo que reemplazar la pieza.

Como última proyección, se pueden añadir sensores de voltaje en la salida del motor y visualizarlos en la Pantalla LCD, motivo que el usuario tenga conciencia de cuanta energía puede llegar a generar y aprovechar de diversas formas, en este caso para una recompensa de entretenimiento virtual.

BIBLIOGRAFÍA

Varios contenidos [En línea]. [PDF]
 <<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9245/6/UPS-KT01150.pdf>> [Consulta:
 Noviembre 2019]

Varios contenidos [En línea]. [PDF]
 <<https://www.revistadifusiones.net/index.php/difusiones/article/view/73/145>> [Consulta:
 Noviembre 2019]

Felipe Agudelo Vélez, «Pontificia Universidad Javeriana de Cali» , mayo 2016. [En línea]. [PDF] <
http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/7503/Sistema_microgeneracion_energia.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Consulta: Junio 2019]

Autosolar, abril 2015. [En línea]. [PDF] < <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-unpanel-solar> > [Consulta: Junio 2019]

Noe Carpio, <<Monsolar>> [En línea]. [PDF] < <https://www.monsolar.com/blog/que-es-y-quehace-un-regulador-de-carga-solar/>> [Consulta: Junio 2019]

Damiasolar [En línea]. [PDF] < https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-laenergia-solar-y-sus-componentes/que-regulador-solar-necesito_1 > [Consulta: Junio 2019]

Monsolar [En línea]. [PDF] < <https://www.monsolar.com/blog/como-funcionan-los-reguladoresde-carga-solares-pwm-y-mppt/> > [Consulta: Junio 2019]

Autosolar [En línea]. [PDF] < <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/etapas-de-carga-deuna-bateria> > [Consulta: Junio 2019]

Raul Serrano, <<tritec-intervento>>, [En línea]. [PDF] <

Karl von Drais, <<Enjambre>>., [En línea]. [PDF] <
<http://www.enjambre.gov.co/enjambre/file/download/53247> > [Consulta: Mayo 2019]

Marco Benavides. <<Universidad Técnica del Norte de Ibarra>>, Septiembre 2015., [En línea].
 [PDF] <
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4803/1/05%20FECYT%202360%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf> > [Consulta: Junio 2019]

Diana Gutierrez, <<Universidad Santo Tomas Bogota>>, Agosto 2016, [En línea]. [PDF] <
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/3476/GutiérrezDiana2016.pdf?sequence=1>> [Consulta: Julio 2019]

Tarifas de suministro eléctrico. [En línea]. [PDF] <
http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SECNORMATIVA/TARIFAS_ELECTRICAS/CHILQUINTA/2005_11.PDFZ > [Consulta: Julio 2019]

Family Games [En línea]. [PDF] < <https://www.familygames.cl/2018/05/28/articulo-blog-1-2>>
 [Consulta: Julio 2019]

RecalBox <<github>>, <<tritec-intervento>>, [En línea]. [PDF] <
<https://github.com/recalbox/recalbox-os/wiki/Home-%28ES%29> > [Consulta: Mayo 2019]

Luis llamas [En línea]. [PDF] <<https://www.luisllamas.es/detectar-campos-magneticos-conarduino-y-sensor-hall-a3144/>> [Consulta: Julio 2019]

Renueva energia [En línea]. [PDF] < <https://www.renova-energia.com/productos/baterias-deciclo-profundo/> > [Consulta: Julio 2019]