

PROYECTO FIN DE CARRERA

**Diseño, Construcción y Caracterización de un
Sistema de Carga de Baterías Mediante Pedaleo**



Ingeniería Industrial, Especialidad Tecnologías Energéticas

Alumno: Alberto Pedro Ortega Izquierdo

Tutora: Mónica Chinchilla Sánchez

El presente documento se encuentra bajo la siguiente licencia Creative Commons



Agradecimientos:

Me gustaría dedicar este proyecto a todas aquellas
personas que lo han hecho posible:

A mi familia por apoyarme siempre, mis amigos y
compañeros por hacerlo todo más fácil. A Ongawa
y al GTA por mostrarme que existe otra ingeniería.

Y, sobre todo, a *Adam*.

Índice

1. Introducción.....	10
1.1 Resumen del proyecto.....	10
1.2 Descripción del problema.....	10
1.3 Solución planteada.....	11
1.4 Objetivos del proyecto.....	12
2. Descripción de la instalación.....	14
2.1 Configuraciones de la instalación según el generador.....	14
2.1.1 Generador de corriente continua.....	14
2.1.2 Generador de corriente alterna monofásica.....	15
2.1.3 Generador de corriente alterna trifásica.....	16
2.2 Estudio de las opciones de la batería.....	17
2.2.1 Clasificación de las baterías según su mantenimiento.....	17
2.2.2 Clasificación de las baterías según su electrolito.....	19
2.2.3 Elección del tipo de batería.....	20
2.3 Elección del regulador.....	20
3. Búsqueda y toma de datos de partida.....	23
4. Diseño Del Prototipo.....	28
4.1 Descripción del Generador.....	28
4.2 Diseño y cálculo de diferentes opciones de transmisión	33
4.2.1 Opción 1: uso del soporte comercial y caja reductora.....	34
4.2.2 Opción 2: uso de una correa trapezoidal y caja reductora.....	34
4.2.3 Opción 3: uso de correa trapezoidal y correa dentada.....	35
4.2.4 Opción 4: uso de piñones y cadenas.....	35
4.3 Diseño del soporte.....	36
4.4 Descripción del regulador.....	41
4.5 Descripción de la batería.....	42
4.6 Descripción de la carga.....	42
5. Puesta en Marcha	45
5.1 Instalación con regulador fotovoltaico, sin diodo protector.....	45
5.2 Instalación con regulador fotovoltaico y diodo protector.....	47
5.3 Instalación con regulador, diodo protector y voltímetros.....	48
5.4 Instalación sin regulador, generación-consumo instantáneo.....	49
5.5 Instalación con regulador para aerogenerador y diodo protector.....	49
5.5.1 Caracterización del generador en la instalación.....	51
5.5.2 Caracterización de la carga de baterías y desarrollo de potencia humana en.. largos periodos de tiempo.....	51
6. Toma y Análisis de Datos.....	53
6.1 Datos de generación-consumo instantáneo.....	53
6.1.1 Una Resistencia.....	55
6.1.2 Dos Resistencias.....	56
6.1.3 Tres Resistencias.....	58
6.1.4 Cuatro Resistencias.....	59
6.1.5 Análisis de los datos de generación-consumo instantáneo.....	61
6.2 Datos de carga de un acumulador mediante un regulador de aerogenerador....	61
6.3 Datos de carga en periodos largos de pedaleo	65
6.3.1 Batería de 12V y 7Ah con una carga inicial de 10V.....	67
6.3.2 Dos baterías de 12V y 9Ah conectadas en serie con 15V en total.....	74

6.3.3 Una batería de 12V y 7Ah con dos resistencias conectadas en paralelo entre sí, cada una de 4,7Ω. Con una tensión inicial de 12,3V.....	79
6.3.4 Una batería de 12V y 7Ah con una tensión inicial de 12,12V conectada a un cargador de baterías de móvil cargando una batería de 3,7V con una carga inicial de 3,37V.....	86
7. Conclusiones y Aportaciones Futuras.....	97
7.1 Conclusiones sobre el funcionamiento del sistema y sus componentes.....	97
7.2 Comparativa de las opciones en la configuración y propuesta de uso.....	99
7.3 Observaciones sobre el rendimiento real del sistema y propuestas de mejora.	100
8. Presupuesto y Estudio Económico.....	105
8.1 Presupuesto del Sistema Construido.....	105
8.2 Presupuesto del Sistema Propuesto.....	105
8.3 Estudio de la rentabilidad del proyecto en una zona electrificada.....	107
8.3.1 Estudio usando el sistema construido.....	107
8.3.2 Estudio usando el sistema propuesto.....	108
8.4 Estudio de rentabilidad como venta de recargas de móviles en una zona no electrificada.....	109
BIBLIOGRAFÍA.....	
Referencias bibliográficas.....	113
Referencias Web.....	113
ANEXOS.....	
Anexo I: Hoja de Características del Generador.....	115
Anexo II: Hoja de Características del Regulador de Paneles Fotovoltaicos.....	117
Anexo III: Hoja de Características del Regulador de un Aerogenerador.....	119
Anexo IV: Hoja de Características de la Batería de 35Ah.....	121
Anexo V: Hoja de Características de la Batería de 7Ah.....	124
Anexo VI: Hoja de Características del Cargador de Móviles.....	127
Anexo VII: Datos.....	130

Índice de Figuras

Figura 1: Diagrama de flujo de energía de la instalación.....	10
Figura 2: Esquema eléctrico con generador de corriente continua.....	15
Figura 3: Esquema eléctrico de la instalación con generador de corriente alterna monofásica.....	16
Figura 4: Esquema eléctrico de la instalación con generador de corriente alterna trifásica.....	17
Figura 5: Bicicleta montada en el soporte comercial.....	23
Figura 6: Vista lateral del freno magnético.....	24
Figura 7: Vista posterior del freno magnético.....	24
Figura 8: Vista superior del freno magnético.....	24
Figura 9: Potencia desarrollada por el ciclista en función de la velocidad para distintas posiciones del freno.....	25
Figura 10: Par desarrollado por el ciclista en función de la velocidad para distintas posiciones del freno.....	26
Figura 11: Circuito equivalente de un motor Shunt.....	29
Figura 12: Circuito equivalente de un motor Serie.....	31
Figura 13: Vista trasera del soporte con la cadena sin instalar.....	37
Figura 14: Vista lateral del soporte con la cadena sin instalar.....	37
Figura 15: Vista lateral del sistema completo.....	37
Figura 16: Esquema del primer montaje.....	45
Figura 17: Esquema del segundo montaje (con diodo protector).....	47
Figura 18: Esquema del tercer montaje (análisis del regulador).....	48
Figura 19: Esquema del cuarto montaje (generación-consumo instantáneo).....	49
Figura 20: Esquema de la instalación con regulador de aerogenerador.....	50
Figura 21: Esquema de la instalación de generación-consumo instantáneo.....	53
Figura 22: Esquema de la instalación con regulador de aerogenerador.....	62
Figura 23: Esquema eléctrico de la carga de una batería mediante pedaleo.....	68
Figura 24: Tensión generada en función de la velocidad, en la carga de una batería descargada.....	69
Figura 25: Corriente generada en función de la velocidad en la carga de una batería descargada.....	69
Figura 26: Curva Tensión - Corriente del generador en la carga de una batería.....	70
Figura 27: Potencias generadas durante la carga de una batería.....	71
Figura 28: Rendimientos durante la carga de una batería mediante pedaleo.....	72
Figura 29: Curva de carga de una batería mediante pedaleo.....	73
Figura 30: Esquema eléctrico de la carga de dos baterías en serie mediante pedaleo.....	74
Figura 31: Tensión generada en función de la velocidad, en la carga de dos baterías en serie.....	75
Figura 32: Corriente generada en función de la velocidad, en la carga de dos baterías en serie.....	75
Figura 33: Curva Tensión - Corriente del generador en la carga de dos baterías.....	76
Figura 34: Potencias generadas durante la carga de dos baterías en serie.....	77
Figura 35: Rendimientos durante la carga de dos baterías en serie.....	78
Figura 36: Curva de carga de dos baterías en serie mediante pedaleo.....	79
Figura 37: Esquema eléctrico de la carga de una batería con dos resistencias	

conectadas en paralelo.....	80
Figura 38: Tensión generada en función de la velocidad, en la carga de una batería con dos resistencias.....	81
Figura 39: Corriente generada en función de la velocidad, en la carga de una batería con dos resistencias.....	81
Figura 40: Curva tensión - Corriente del generador en la carga de una batería con consumo.....	82
Figura 41: Potencias generadas durante la carga de una batería con dos resistencias en paralelo como consumo.....	83
Figura 42: Rendimientos durante la carga de una batería con dos resistencias en paralelo como consumo.....	84
Figura 43: Rendimientos durante la carga de una batería con dos resistencias en paralelo como consumo.....	85
Figura 44: Curva de carga de una batería mediante pedaleo con dos resistencias conectadas.....	86
Figura 45: Esquema eléctrico de la carga de una batería de móvil mediante pedaleo.....	87
Figura 46: Tensión generada en función de la velocidad, en la carga de una batería de móvil.....	87
Figura 47: Corriente generada en función de la velocidad, en la carga de una batería de móvil.....	88
Figura 48: Curva Tensión- Corriente del generador en la carga de una batería de móvil.....	88
Figura 49: Potencias desarrolladas durante la carga de una batería de móvil mediante pedaleo.....	89
Figura 50: Rendimientos durante la carga de una batería de móvil mediante pedaleo.....	90
Figura 51: Curva de carga de la batería principal durante la carga de una batería de móvil.....	91
Figura 52: Potencias eléctricas desarrolladas durante la carga de una batería de móvil mediante pedaleo.....	92
Figura 53: Evolución de la tensión de la batería principal y la potencia de carga de la misma durante la carga de una batería de móvil mediante pedaleo.....	93
Figura 54: Evolución de la velocidad y la potencia de carga en la batería principal durante la carga de una batería de móvil mediante pedaleo.....	94
Figura 55: Potencia de carga de la batería principal en función de la velocidad de la bicicleta.....	94
Figura 56: Curva de carga de una batería de móvil mediante pedaleo.....	95
Figura 57: Tensión teórica generada en cada fase según el ángulo de giro usando un motor de bicicleta como generador.....	102

Índice de Tablas

Tabla 1: Relación entre velocidad de la bicicleta, vueltas en el eje de la rueda (rpm1) y vueltas en el rodillo del freno del soporte comercial (rpm2).....	24
Tabla 2: Potencia desarrollada por el ciclista en el soporte comercial en función de la velocidad para distintas posiciones del freno.....	25
Tabla 3: Par ejercido por el ciclista en el soporte comercial en función de la velocidad y la posición del freno.....	26
Tabla 4: Posibles cajas reductoras a utilizar en la transmisión.....	33
Tabla 5: Transmisión mediante el soporte comercial y una caja reductora.....	33
Tabla 6: Opciones de transmisión mediante correa y caja reductora.....	34
Tabla 7: Transmisión mediante correas.....	35
Tabla 8: Transmisión mediante cadenas.....	35
Tabla 9: Datos de generación-consumo instantáneo con 1 Resistencia.....	55
Tabla 10: Datos de generación-consumo instantáneo con 2 Resistencias.....	56
Tabla 11: Datos de generación-consumo instantáneo con 3 Resistencias.....	58
Tabla 12: Datos de generación-consumo instantáneo con 4 Resistencias.....	59
Tabla 13: Datos de carga de una batería con un regulador de aerogenerador en un..... periodo corto de tiempo.....	63
Tabla 14: Consumo tipo que puede alimentarse con el sistema construido.....	98
Tabla 15: Consumo tipo que puede alimentarse con el sistema con máximo..... rendimiento.....	98
Tabla 16: Costes del sistema construido.....	104
Tabla 17: Presupuesto para el sistema propuesto.....	105
Tabla 18: € ahorrados al año con el sistema construido.....	106
Tabla 19: PRI de la inversión del sistema construido.....	107
Tabla 20: € ahorrados anualmente con el sistema propuesto.....	108
Tabla 21: PRI del sistema propuesto.....	108
Tabla 22: Cálculo del precio de recarga de batería de móvil.....	110

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN

1.1 Resumen del proyecto.....	10
1.2 Descripción del problema.....	10
1.3 Solución planteada.....	11
1.4 Objetivos del proyecto.....	12

1. Introducción

1.1 Resumen del proyecto

A lo largo de este proyecto diseñaremos y construiremos un prototipo de bajo coste para una instalación autónoma de generación y almacenamiento de electricidad. Se usará como fuente de energía para cargar el acumulador, el movimiento generado por una persona mediante una bicicleta.

El sistema será lo más universal posible, diseñando un soporte que levante la rueda trasera de cualquier tipo de bicicleta, y una transmisión de potencia mecánica para transferir el movimiento al generador eléctrico que carga las baterías.

El diagrama de energía de la instalación sería el siguiente:

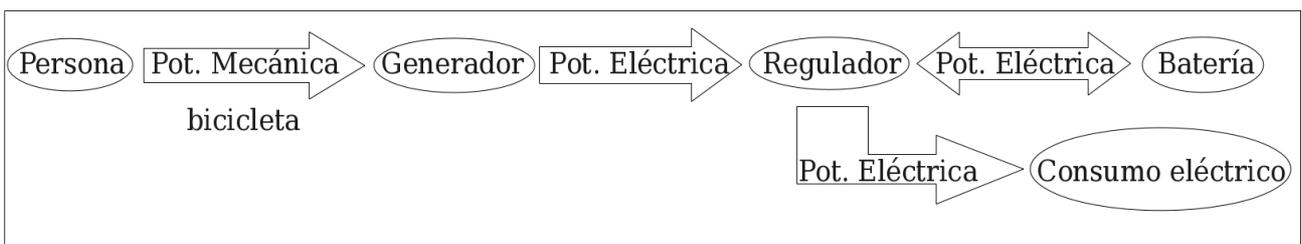


Figura 1: Diagrama de flujo de energía de la instalación

1.2 Descripción del problema

Según las Naciones Unidas la electricidad está reconocida como una herramienta esencial para alcanzar los derechos humanos, a pesar de ello la cuarta parte de la población mundial, 1.600 millones de personas, carecen de ella, de las cuales se calcula que el 80% vive en zonas rurales.

La potencia y la energía que podemos generar con un sistema como el planteado en el proyecto son limitadas, no obstante pueden ser suficientes para la iluminación eléctrica de una familia.

1.3 Solución planteada

1. Introducción

A la hora de escoger entre diferentes tecnologías posibles para la construcción del prototipo no sólo nos guiaremos buscando el mayor rendimiento o menor coste, sino también una mayor durabilidad, sencillez de uso y tecnología más extendida en el mundo.

El uso de la instalación planteada será llevado a cabo en dos ambientes completamente diferentes: comunidades de países en vías de desarrollo y organizaciones de ayuda social del primer mundo.

En el primer caso la instalación se caracteriza por ofrecer una energía renovable y unos costes variables casi nulos, así como su capacidad para ser usada en emplazamientos aislados en los que no es viable el uso de la red eléctrica. Para poder llevar a cabo un proyecto con esta intención debemos tener en cuenta una serie de factores tecnológicos, económicos y sociales. Este tipo de tecnología se denomina tecnología apropiada, y se caracteriza a grandes rangos por:

- Adaptarse a las condiciones socioeconómicas y ambientales, fomentando el desarrollo autóctono.
- Potenciar el empleo de recursos locales, tanto materiales como humanos.
- Crear poca o ninguna dependencia.
- Ser modular y descentralizada.
- Satisfacer necesidades sentidas.
- Evitar grandes inversiones de capital.

Para estudiar la consecución de este objetivo al finalizar el proyecto desarrollaremos un análisis de viabilidad como anexo al proyecto.

En el caso de las organizaciones de ayuda social del primer mundo, nos referimos a asociaciones de tipo deportivo-social, en el primer mundo existen gran variedad de asociaciones que utilizan el deporte como medio de reinserción social con diferentes colectivos de la sociedad. Debido a sus características el ciclismo es un deporte muy utilizado en estos casos, y el uso de bicicletas estáticas tradicionales o bicicletas de spinning está muy extendido.

1. Introducción

En este caso el coste difícilmente justificará el uso de este tipo de instalación, pues la red eléctrica está disponible y el kW·h de la misma tiene un coste económico menor en proporción a sus ingresos. Sin embargo el uso de la “energía humana” para generar electricidad nos hará valorar el gran desperdicio de ésta que se produce en los países desarrollados. Además aporta el incentivo de generar tu propia luz y el aumento de la autoestima para la persona que está haciendo un esfuerzo no sólo físico sino también psicológico.

1.4 Objetivos del proyecto

El objetivo de este proyecto no se limita al diseño y construcción del prototipo descrito, si no que quiere llegar más lejos sirviendo de semilla a futuros proyectos similares y realizando una primera aproximación a la potencia humana.

A la hora de enfrentarnos al problema hemos encontrado algún ejemplo en la red, sin embargo ninguno es un estudio serio: en la mayoría se utiliza una dinamo y una batería de automóvil, lo cual, como se verá más adelante, no es apropiado. Por ello nos planteamos como objetivo que éste no sea un proyecto aislado, sino que el estudio realizado y las elecciones tomadas a la hora de construirlo sirvan más adelante como base teórico-práctica para proyectos futuros.

Al igual que el objeto de este proyecto, existen una gran diversidad de diseños accionados por la fuerza humana, a la hora de dimensionar un sistema de este tipo el principal problema que se plantea es la potencia humana, el cansancio de la persona, la energía que puede generar, etc.. Es decir, la caracterización de la fuente de energía.

Debido a las características del sistema planteado podemos realizar una primera aproximación a la potencia desarrollada por una persona, no pretendemos realizar un estudio serio, ya que para ello hay que estudiar multitud de variables, pero sí dejar planteados los primeros pasos a seguir para este estudio.

CAPÍTULO 2.

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

2. Descripción de la instalación.....	14
2.1 Configuraciones de la instalación según el generador.....	14
2.1.1 Generador de corriente continua.....	14
2.1.2 Generador de corriente alterna monofásica.....	15
2.1.3 Generador de corriente alterna trifásica.....	16
2.2 Estudio de las opciones de la batería.....	17
2.2.1 Clasificación de las baterías según su mantenimiento.....	17
2.2.2 Clasificación de las baterías según su electrolito.....	19
2.2.3 Elección del tipo de batería.....	20
2.3 Elección del regulador.....	20

2. Descripción de la instalación.

La instalación eléctrica está compuesta por el generador eléctrico, el regulador y el acumulador. Según las características de estos componentes, las distintas configuraciones que se nos plantean como posibilidades son numerosas:

2.1 Configuraciones de la instalación según el generador

La configuración más sencilla a priori consiste en generar y consumir corriente continua, pues de esta forma nos ahorramos rectificadores y/o alternadores de corriente disminuyendo el coste y mejorando el rendimiento de la instalación haciéndola además más sencilla y por tanto más robusta y menos vulnerable a averías.

No obstante se estudiarán las posibilidades de usar un generador de corriente alterna monofásica ya que es posible que una vez llegados a la realidad no tengamos más remedio que utilizar este tipo de generador por cuestiones de coste o suministro. También se estudiará la posibilidad de usar un generador de corriente alterna trifásica, este tipo de generador podría ser interesante en un proyecto posterior con diferentes intenciones debido a las características del mismo: par, rendimiento, mantenimiento, coste, robustez...

2.1.1 Generador de corriente continua

Utilizar un motor de corriente continua como generador para nuestro diseño es la configuración más sencilla, evitamos el rectificador y problemas de frecuencia con el generador. En un generador de corriente continua el flujo magnético uniforme se establece por medio de polos, estos polos pueden ser imanes permanentes o bobinas de excitación. Para nuestra finalidad nos interesan motores de corriente continua que no sean de excitación independiente, como son los motores Shunt, Serie, Compound o Brushless, ya que al usar un motor de excitación independiente como generador se necesita una fuente de corriente externa para el devanado de campo y así poder

2. Descripción de la instalación.

empezar a generar, ya que la máquina no es capaz de autoexcitarse. En caso de utilizar este tipo de generador la tensión de la batería no podría bajar por debajo de un umbral, puesto que si lo hiciera no podríamos volver a cargarla al no tener la fuente de corriente externa.

Como el hecho de que la batería se descargue, incluso usando un regulador de baterías, es una circunstancia bastante probable descartamos este tipo de motor.

El esquema eléctrico de la instalación con un generador de corriente continua sería el siguiente:

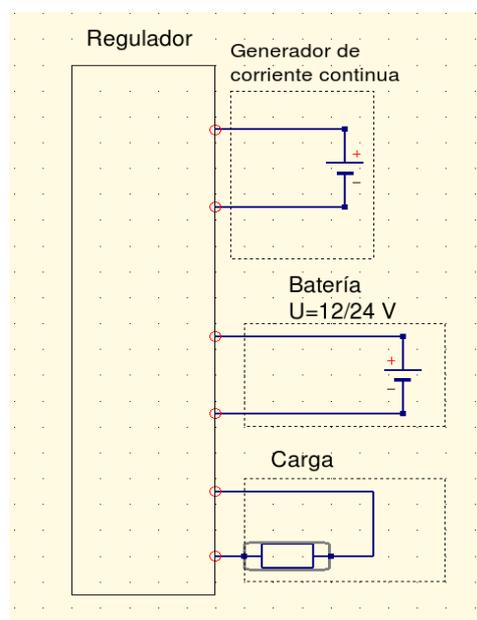


Figura 2: Esquema eléctrico con generador de corriente continua

2.1.2 Generador de corriente alterna monofásica

Un generador de corriente alterna produce una corriente con una frecuencia proporcional a la de la que éste gira. Esto complica la instalación ya que debemos usar un rectificador de corriente antes de conectar el regulador de las baterías, además la frecuencia a la que éste debe funcionar es variable y lejana a 50Hz por lo que no podemos usar uno comercial sino diseñar uno nuevo.

2. Descripción de la instalación.

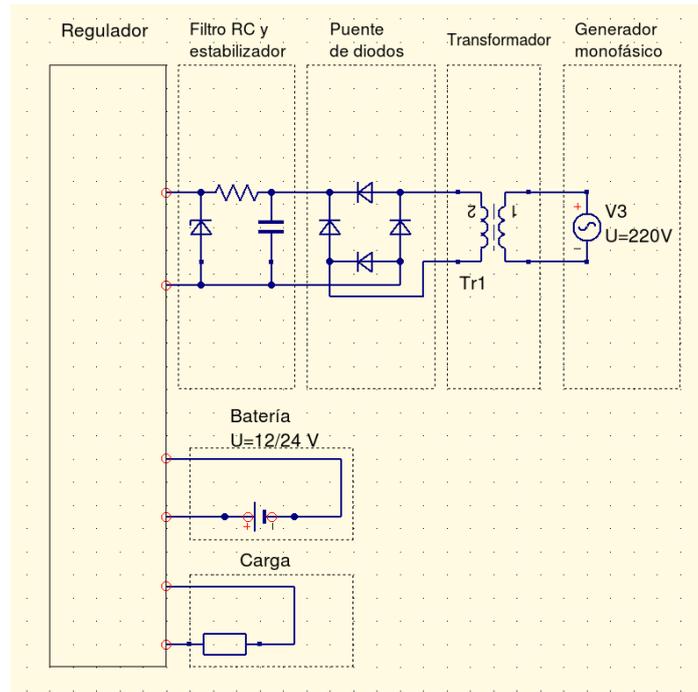


Figura 3: Esquema eléctrico de la instalación con generador de corriente alterna monofásica

2.1.3 Generador de corriente alterna trifásica

También es posible utilizar un motor trifásico de inducción, esta opción es interesante por lo anteriormente comentado: rendimiento, robustez, velocidad nominal... Sin embargo además de los inconvenientes anteriores debemos conectar un banco de condensadores que nos suministre la potencia reactiva del generador y de la carga para que pueda trabajar autoexcitado.

El esquema del circuito en este caso sería el siguiente:

2. Descripción de la instalación.

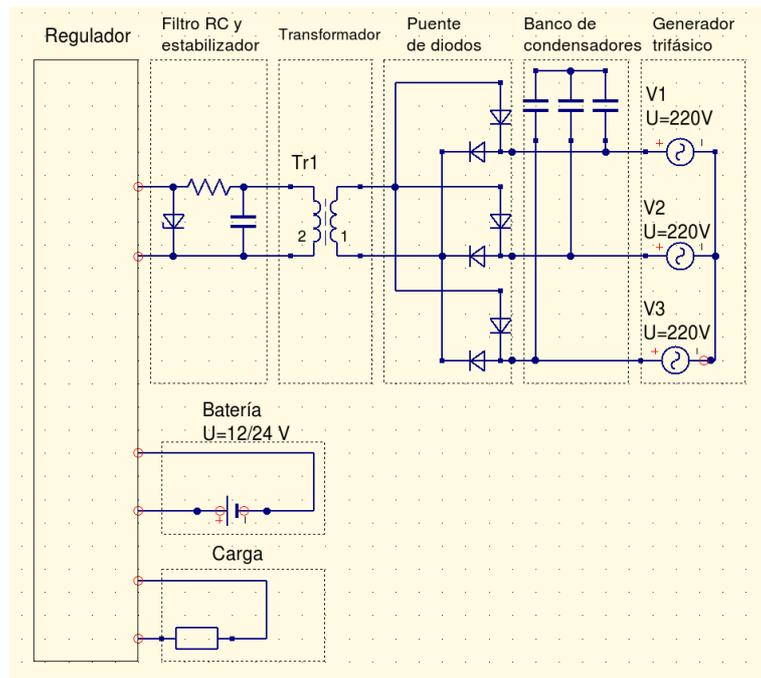


Figura 4: Esquema eléctrico de la instalación con generador de corriente alterna trifásica

2.2 Estudio de las opciones de la batería

Realizamos un breve estudio de las distintas opciones de tecnologías de baterías que nos ofrece el mercado para poder escoger con criterio aquella que se ajuste a nuestras necesidades concretas.

2.2.1 Clasificación de las baterías según su mantenimiento

Baterías libres de mantenimiento

El concepto libre mantenimiento corresponde a una batería con un bajo nivel de gasificación y consumo de agua. Generalmente tienen tapones sellados y son herméticas, aunque pueden tener válvulas. Las placas generalmente están construidas de material puro, lo cual reduce la cantidad de gases formados para una mayor vida en servicio.

Ambos vasos están fabricados con una aleación de calcio y plomo. Esta construcción reduce la pérdida de gases y agua y proporciona un rendimiento superior de arranque, una mayor resistencia a la sobrecarga, reducción en la corrosión en los terminales.

2. Descripción de la instalación.

La ausencia de antimonio, evita el envenenamiento de las placas negativas a lo largo de su vida útil, por lo cual no se ven modificados los valores de resistencia interna, y por lo tanto la corriente de flote permanece invariable.

El electrolito de estas baterías puede estar gelificado, en ese caso la batería suele estar sellada y regulada por válvula (baterías SVR), o usar una tecnología de electrolito absorbido especial mediante un separador de vidrio absorbido (baterías AGM).

Baterías con mantenimiento

Las baterías con mantenimiento son una de las de las tecnologías más antiguas, este tipo de baterías están construidas con una aleación de Plomo-Antimonio. La cantidad de este compuesto puede variar entre un 10% y un 2,5%, a mayor contenido del mismo mayor capacidad de la batería, pero también será mayor la gasificación y en consecuencia el consumo de electrolito.

Este tipo de batería es de alta resistencia interna, por ello su corriente de flote es elevada, aumentando considerablemente a medida que envejece. Este fenómeno, se debe al envenenamiento progresivo sufrido por la placa negativa, debido la deposición del ion antimonio, procedente de la placa positiva.

Este tipo de baterías deben tener tapas de ventilación que se puedan quitar para permitir añadir agua al electrolito periódicamente.

Baterías híbridas o de bajo mantenimiento

Este tipo de baterías se construyen con aleación Plomo-Selenio, con un contenido de Antimonio entre el 1 y 2%. La función del selenio es disminuir la cantidad de antimonio presente en la aleación distribuyéndolo de forma uniforme, y evitando la formación de una rejilla quebradiza, y carente de las propiedades físicas y eléctricas necesarias.

Este tipo de baterías tiene menor gasificación que las fabricadas con alto contenido de antimonio, pero tienen una tasa de pérdida de agua más significativa que las baterías libres de mantenimiento construidas con calcio.

Las baterías Plomo-Selenio no pueden considerarse como de libre mantenimiento porque el Antimonio se transfiere del vaso positivo al negativo acumulándose en éste, con los consiguientes perjuicios: disminución del voltaje, formación de gas, pérdida de

2. Descripción de la instalación.

agua, y pérdida de potencia de arranque.

2.2.2 Clasificación de las baterías según su electrolito

Baterías mojadas, electrolito líquido

El electrolito en estas baterías es líquido, normalmente ácido sulfúrico. Esta tecnología es la más barata, pero proporcionan un ciclo de vida menor. Dependiendo de la aleación con la que están construidas pueden ser libres de mantenimiento o no.

Gel

Generalmente las baterías de electrolito *gelificado* están selladas y reguladas por válvula (SVR, por sus siglas en inglés), por lo que están libres de mantenimiento. El gel esta constituido, por la mezcla del electrolito y con un silicato amorfo, dando como resultado un compuesto de consistencia gelatinosa.

Las baterías SVR tienen una tasa de descarga propia baja por lo que pueden durar más tiempo sin necesidad de recargar. Al estar selladas no se pueden derramar, son a prueba de fuga y resisten sobrecargas que pueden acortar la vida de la batería, pueden ser descargadas y recargadas con más frecuencia que las de electrolito líquido. Su diseño SVR minimiza la formación de gas, haciéndolas seguras de instalar en sitios cerrados, alrededor de personas y cerca de equipo electrónico sensible.

Para lograr el máximo rendimiento y vida, se debe usar un cargador compatible con las baterías de gel.

SVR y Separador de Vidrio Absorbido (AGM)

Las baterías selladas y reguladas por válvula (SVR) y con Separador de Vidrio Absorbido (AGM) usan una tecnología de electrolito absorbido especial.

El electrolito se encuentra alojado en una capa altamente porosa y delgada de fibra de vidrio y silicato de boro entre las placas positiva y negativa, con lo que se consigue que el oxígeno producido en la placa positiva se recombine con el hidrógeno desprendido en la placa negativa formado agua, por lo que no emiten gases y son libres de mantenimiento.

Esta tecnología proporciona una resistencia interna menor por lo que aumenta la

2. Descripción de la instalación.

capacidad y se pueden recargar más rápidamente.

2.2.3 Elección del tipo de batería

La batería será instalada con toda probabilidad en un armario bajo llave o un lugar parecido (con poca ventilación y cerca de componentes eléctricos y electrónicos) para evitar robos y desperfectos debido al coste inicial de la instalación total, por lo que se deberá usar una batería sin mantenimiento, a ser posible de tipo AGM, con este tipo de baterías además evitamos problemas de un mal mantenimiento.

Según indican los fabricantes estas baterías deben usar cargadores específicos por lo que para comprobar su buen funcionamiento y compatibilidad haremos nuestra instalación en el laboratorio con una batería de este tipo, aunque las condiciones no nos obliguen a ello.

2.3 Elección del regulador

El regulador es un elemento esencial en una instalación con baterías, es el elemento encargado de evitar la sobrecarga y, en algunos casos, la sobredescarga en las baterías, situaciones que provocan el rápido envejecimiento de las mismas.

El regulador corta la corriente que entra en la batería si la tensión de ésta es superior a un valor predeterminado. Si se trata de un regulador diseñado para un sistema solar fotovoltaico esta acción la realiza cambiando la resistencia equivalente de la batería, haciendo que el panel FV salga de su punto de funcionamiento de máxima potencia generada, cayendo ésta rápidamente. Si se trata de un regulador diseñado para un aerogenerador disipa la potencia sobrante mediante una resistencia conectada a un disipador de calor.

Si el regulador tiene terminales para conectar las cargas en continua, éste podrá evitar la sobredescarga de la batería cortando la corriente saliente de los mismos en caso de que la tensión sea menor a un determinado valor predeterminado. Si en la instalación hay cargas que consumen corriente alterna mediante un inversor, se recomienda que éste se conecte directamente a los terminales de la batería, pues la corriente que

2. Descripción de la instalación.

puede demandar el inversor puede ser alta y el propio inversor tiene protección contra la sobredescarga cortando la corriente saliente en caso necesario.

Las baterías de tipo AGM deben usar un tipo de regulador específico, compatible con este tipo de tecnología, debido a que su tensión de funcionamiento es superior a la tensión de funcionamiento de baterías de plomo-ácido estándar.

Teniendo en cuenta su adecuación y precio, se decide utilizar un regulador solar con protecciones contra inversión de corriente hacia los paneles, contra sobrecarga y contra sobredescarga, aunque como veremos más adelante este tipo de regulador no resulta adecuado para nuestra instalación, por lo que al final usaremos un regulador de un aerogenerador de corriente continua.

CAPÍTULO 3:

BÚSQUEDA Y TOMA DE DATOS DE PARTIDA

3. Búsqueda y toma de datos de partida

Para poder dimensionar previamente la potencia del sistema debíamos conocer la potencia que somos capaces de generar, no existe ningún estudio fiable del que podamos obtener información concreta sobre la potencia humana, sin embargo ésta se estima entre 100 y 150W para una persona normal, y entre 20 y 50W para un niño.

Se decidió usar un soporte comercial de entrenamiento para medir la velocidad media de un ciclista durante una hora, del fabricante del soporte se obtuvo una tabla con la potencia desarrollada por el ciclista en función de la velocidad y la posición del freno, de esta manera podíamos calcular las características de velocidad, par y potencia que debe cumplir nuestro generador.



Figura 5: Bicicleta montada en el soporte comercial

El soporte comercial consta de un freno magnético, el cual está construido con un disco metálico que se aleja o se acerca de los imanes en función de la posición del mando del freno.

A continuación se muestran fotos del freno magnético desmontado:

3. Búsqueda y toma de datos de partida



Figura 6: Vista lateral del freno magnético



Figura 7: Vista posterior del freno magnético



Figura 8: Vista superior del freno magnético

La velocidad media para varios ciclistas usando este soporte fue de 21 km/h.

km/h	rpm1	rpm2
19	132,629	1458,920
20	139,610	1535,706
21	146,590	1612,491
22	153,571	1689,276
23	160,551	1766,061
24	167,532	1842,847
25	174,512	1919,632

Tabla 1: Relación entre velocidad de la bicicleta, vueltas en el eje de la rueda (rpm1) y vueltas en el rodillo del freno del soporte comercial (rpm2)

La potencia desarrollada por el ciclista dependerá de la velocidad y del par ejercido, es decir, de la posición del freno del soporte. A continuación se muestra una tabla del fabricante del soporte en la que se puede observar la potencia desarrollada por el ciclista en función de la velocidad lineal a la que circularía y las siete posiciones del freno del soporte.

3. Búsqueda y toma de datos de partida

Posición del Freno Velocidad	High	5	4	3	2	1	Low
5 km/h	22 W	21 W	21 W	19 W	19 W	17 W	16 W
10 km/h	58 W	55 W	54 W	48 W	47 W	41 W	37 W
15 km/h	104 W	99 W	97 W	87 W	79 W	71 W	63 W
20 km/h	152 W	150 W	144 W	130 W	116 W	103 W	93 W
25 km/h	205 W	199 W	192 W	173 W	153 W	135 W	123 W
30 km/h	259 W	253 W	244 W	218 W	192 W	170 W	153 W
35 km/h	311 W	306 W	293 W	264 W	234 W	204 W	186 W
40 km/h	365 W	362 W	343 W	307 W	271 W	237 W	215 W

Tabla 2: Potencia desarrollada por el ciclista en el soporte comercial en función de la velocidad para distintas posiciones del freno.

Podemos observar los datos en una gráfica para mejor estudio de los mismos.

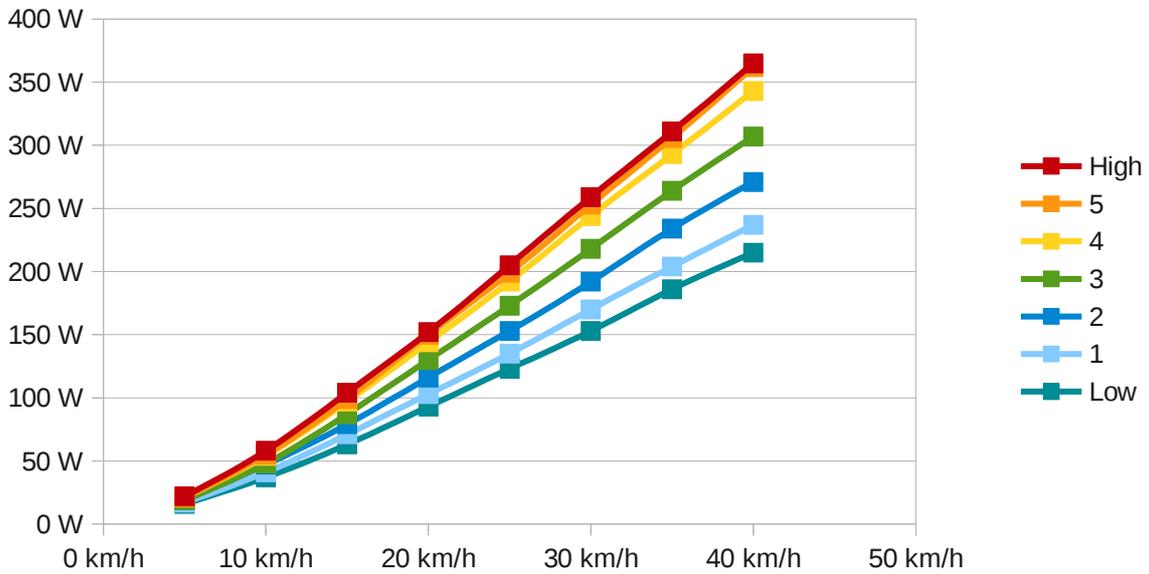


Figura 9: Potencia desarrollada por el ciclista en función de la velocidad para distintas posiciones del freno.

Conociendo la potencia y la velocidad calculamos el par desarrollado:

3. Búsqueda y toma de datos de partida

Posición del Freno		High	5	4	3	2	1	Low
Velocidad								
5 km/h	34,9 rpm	6,0 N·m	5,7 N·m	5,7 N·m	5,2 N·m	5,2 N·m	4,7 N·m	4,4 N·m
10 km/h	69,8 rpm	7,9 N·m	7,5 N·m	7,4 N·m	6,6 N·m	6,4 N·m	5,6 N·m	5,1 N·m
15 km/h	104,7 rpm	9,5 N·m	9,0 N·m	8,8 N·m	7,9 N·m	7,2 N·m	6,5 N·m	5,7 N·m
20 km/h	139,6 rpm	10,4 N·m	10,3 N·m	9,8 N·m	8,9 N·m	7,9 N·m	7,0 N·m	6,4 N·m
25 km/h	174,5 rpm	11,2 N·m	10,9 N·m	10,5 N·m	9,5 N·m	8,4 N·m	7,4 N·m	6,7 N·m
30 km/h	209,4 rpm	11,8 N·m	11,5 N·m	11,1 N·m	9,9 N·m	8,8 N·m	7,8 N·m	7,0 N·m
35 km/h	244,3 rpm	12,2 N·m	12,0 N·m	11,5 N·m	10,3 N·m	9,1 N·m	8,0 N·m	7,3 N·m
40 km/h	279,2 rpm	12,5 N·m	12,4 N·m	11,7 N·m	10,5 N·m	9,3 N·m	8,1 N·m	7,4 N·m

Tabla 3: Par ejercido por el ciclista en el soporte comercial en función de la velocidad y la posición del freno.

El cual podemos observar en la siguiente gráfica, dependiendo de la velocidad y la posición del freno:

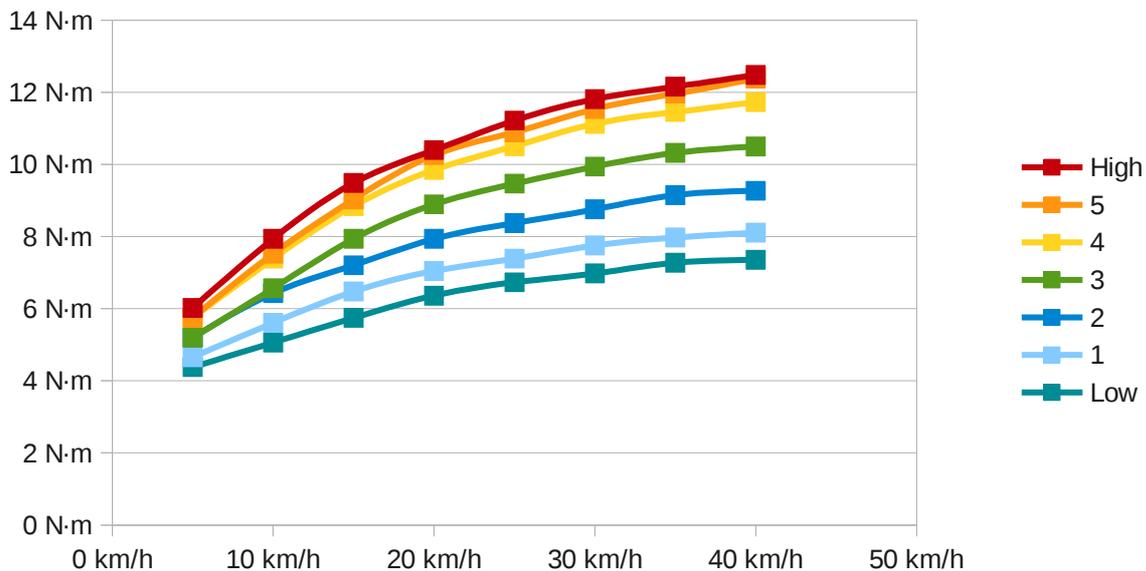


Figura 10: Par desarrollado por el ciclista en función de la velocidad para distintas posiciones del freno.

Con los datos obtenidos se decide que como generador se usará un motor de una potencia de unos 150W, con una velocidad en su punto de máximo rendimiento en torno a las 140rpm, por lo que ejercerá un par en torno a los 10 N·m., a ser posible éste será de corriente continua ya que como hemos comentado en el segundo capítulo es el más adecuado para nuestra aplicación.

CAPÍTULO 4:

DISEÑO DEL PROTOTIPO

4.1 Descripción del Generador.....	28
4.2 Diseño y cálculo de diferentes opciones de transmisión	33
4.2.1 Opción 1: uso del soporte comercial y caja reductora.....	34
4.2.2 Opción 2: uso de una correa trapezoidal y caja reductora.....	34
4.2.3 Opción 3: uso de correa trapezoidal y correa dentada.....	35
4.2.4 Opción 4: uso de piñones y cadenas.....	35
4.3 Diseño del soporte.....	36
4.4 Descripción del regulador.....	41
4.5 Descripción de la batería.....	42
4.6 Descripción de la carga.....	42

4. Diseño Del Prototipo

4.1 Descripción del Generador

Las características buscadas no son comunes en la industria, sobre todo los 140 rpm de velocidad nominal, por lo que este tipo de motor tiene un coste muy elevado (más de 500€) así que decidimos buscar motores similares de corriente alterna, aceptando el sobrecoste económico y de rendimiento debido a la incorporación del rectificador, sin embargo tampoco existen en el mercado motores de estas características con precios interesantes. Sí existen motores de inducción de corriente trifásica ideales para estas características, pero debido a la consiguiente complicación de la instalación y coste de los mismos se decide usar un motor de corriente continua con las características lo más similares posibles.

Las características del motor escogido que usaremos como generador son las siguientes¹:

- Tensión: 12 V
- Potencia nominal: 157W
- Núcleo ferromagnético
- Nº de polos: 3

En el punto de máximo rendimiento:

- Velocidad: 8311 rpm
- Corriente: 10,82 A
- Par: 92,13 mN·m
- Rendimiento: 61,74%

Sin carga:

- Velocidad: 9778 rpm
- Corriente: 1,9 A

¹ Se incluye la hoja de características del generador ofrecida por el fabricante en el Anexo I

4. Diseño Del Prototipo

- Par de parada/calado (*stall torque*): 614 mN·m
- Corriente de parada/calado (*stall current*): 61,34 A

Éstas no son las ideales, sin embargo el precio es muy interesante por lo que lo adaptaremos mediante una transmisión adecuada.

El fabricante no nos facilita el tipo de motor del que se trata, por lo que nos disponemos a calcular sus características constructivas para así obtener, a partir de los datos de la hoja de características, el rendimiento como generador en todo su régimen.

Descartando que sea un motor de imanes permanentes por tamaño y potencia calculamos primeramente sus características internas suponiendo que es un motor Shunt:

En un motor Shunt el devanado del campo se conecta directamente a la fuente, pudiendo esquematizar el circuito interno del motor de la siguiente forma:

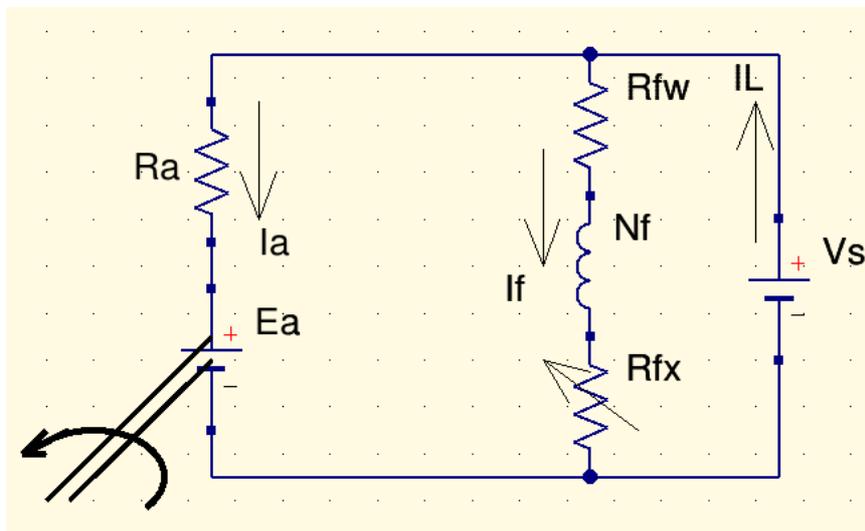


Figura 11: Circuito equivalente de un motor Shunt

4. Diseño Del Prototipo

El rendimiento de un motor eléctrico es :

$$\eta = \frac{W_o}{W_i}$$

Siendo :

W_o la potencia mecánica de salida

W_i la potencia eléctrica consumida

$$\text{En un motor Shunt: } \begin{cases} W_o = P_{dpc} - P_r \\ W_i = V \cdot I \end{cases}$$

Siendo :

P_{dpc} la potencia desarrollada

P_r las pérdidas por rotación (constantes)

$$P_{dpc} = E_{apc} \cdot I_{apc}$$

Siendo :

E_{apc} la fuerza contraelectromotriz

I_{apc} la corriente de armadura

$$E_{apc} = V - I_{apc} \cdot R_a$$

Siendo R_a la resistencia de circuito de la armadura

La corriente de armadura no la conocemos pero ,

$$I = I_{apc} + I_f$$

Siendo I_f la corriente del campo Shunt , constante

$$\text{Por lo que: } P_{dpc} = (I - I_f) \cdot [V - R_a \cdot (I - I_f)]$$

P_r es contante , y cuando el motor funciona sin carga

igual a la potencia desarrollada , ya que la potencia de salida es nula

$$\text{por lo tanto: } P_r = (I_{nL} - I_f) \cdot [V - R_a \cdot (I_{nL} - I_f)]$$

Finalmente el rendimiento queda :

$$\eta = \frac{(I - I_f) \cdot [V - R_a \cdot (I - I_f)] - (I_{nL} - I_f) \cdot [V - R_a \cdot (I_{nL} - I_f)]}{V \cdot I}$$

$$\text{Dela hoja de características podemos resolver el siguiente sistema: } \begin{cases} \eta(I = 10,82) = 0,6164 \\ \left. \frac{\partial \eta}{\partial I} \right|_{I=10,82} = 0 \end{cases}$$

$$\text{obteniendo las constantes: } \begin{cases} R_a = 0,177 \Omega \\ I_f = -2,14 A \end{cases}$$

por lo que deducimos que no puede ser un motor Shunt.

Resolvemos a continuación el motor suponiendo que es un motor serie, cuyo esquema eléctrico es:

4. Diseño Del Prototipo

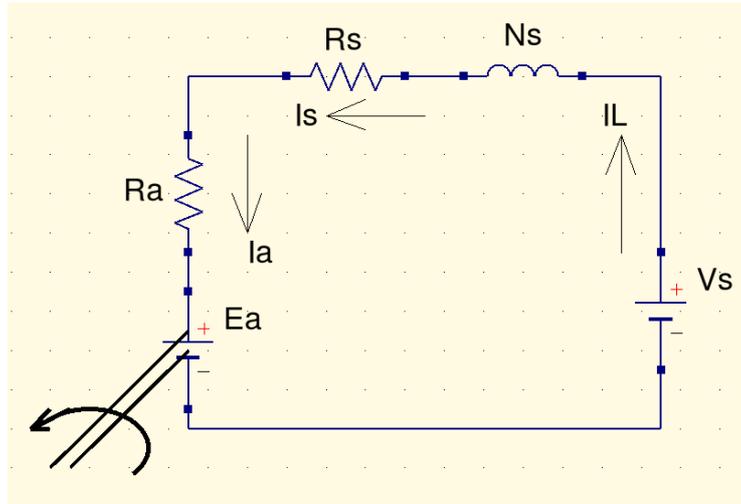


Figura 12: Circuito equivalente de un motor Serie

$$\text{Rendimiento del motor: } \eta = \frac{W_o}{W_i}$$

Siendo:

W_o la potencia mecánica de salida

W_i la potencia eléctrica consumida

$$\text{En un motor Serie: } \begin{cases} W_o = P_{dpc} - P_r \\ W_i = V \cdot I \end{cases}$$

Siendo:

P_{dpc} la potencia desarrollada

P_r las pérdidas por rotación (constantes)

$$P_{dpc} = E_a \cdot I$$

Siendo:

E_a la fuerza contraelectromotriz

$$E_a = V - I \cdot R_a$$

quedando el rendimiento

$$\eta = \frac{(V - I \cdot R) \cdot I - P_r}{V \cdot I}$$

De la hoja de características podemos resolver el siguiente sistema:
$$\begin{cases} \eta(I=10,82) = 0,6174 \\ \left. \frac{\partial \eta}{\partial I} \right|_{I=10,82} = 0 \end{cases}$$

$$\text{Obteniendo las constantes: } \begin{cases} R = 0,212 \Omega \\ P_r = 24,829 \text{ W} \end{cases}$$

Comprobamos calculando el par ejercido en este punto por el motor a partir de esta suposición, para comprobarlo con el indicado en la hoja de características

4. Diseño Del Prototipo

En un motor serie el par desarrollado es: $T_d = K_a \cdot K_f \cdot I_a^2 = K' I_a^2$
por otro lado la velocidad se puede calcular como: $\omega = \frac{V - I \cdot R}{K_a \cdot K_f \cdot I}$

de donde obtenemos $K' = K_a \cdot K_f = 1,0307 \cdot 10^{-3}$
por lo que el par desarrollado en el punto de máximo rendimiento es: $T_d = 0,12067 \text{ N} \cdot \text{m}$
comparando con el par útil T_o en el eje que, sí conocemos de la hoja de características:

$$\left. \begin{array}{l} P_d = P_o + P_r \\ T = \frac{P}{\omega} \end{array} \right\} \Rightarrow T_d = T_o + \frac{P_r}{\omega}$$
$$T_o + \frac{P_r}{\omega} = 92,13 \cdot 10^{-3} + \frac{24,829}{8311 \cdot \frac{\pi}{30}} = 0,120658 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$0,120658 \text{ N} \cdot \text{m} \approx 0,12067 \text{ N} \cdot \text{m},$$

Por lo que se podemos decir que el par desarrollado en el punto de máximo rendimiento según la hoja de características y el calculado a partir del rendimiento en ese punto suponiendo que se trata de un motor tipo serie son iguales

Con lo que queda demostrado que se trata de un motor serie, cuyo rendimiento como generador en todo su régimen es:

$$\eta = \frac{W_o}{W_i}$$

Siendo:

W_o la potencia eléctrica de salida

W_i la potencia mecánica consumida

$$W_o = V \cdot I$$

$$W_i = V \cdot I + P_r + I^2 \cdot R$$

$$\eta = \frac{V \cdot I}{V \cdot I + P_r + I^2 \cdot R}$$

En nuestro caso:

$$\eta = \frac{V \cdot I}{0,212 \cdot I^2 + V \cdot I + 24,829}$$

4.2 Diseño y cálculo de diferentes opciones de transmisión

Debido a la geometría de la bicicleta las mejores opciones para acoplar el generador a ésta son: mediante una polea a la llanta quitando previamente la cubierta, o directamente del carrete de la transmisión de la bicicleta con una segunda cadena de bicicleta o mediante una polea o corona atornillada a éste.

Debido al generador escogido se debe diseñar una transmisión que multiplique la velocidad hasta la necesaria, para este fin además de las opciones del párrafo anterior

4. Diseño Del Prototipo

podemos aumentarla mediante una caja reductora comercial.

En el mercado se encuentran tres cajas reductoras que a priori se podrían utilizar:

	R	T max	rpm max	€
Caja1	4,8	1,13	5000	145
Caja2	15	7,50	8000	219
Caja3	4,3	3,00	8000	173

Tabla 4: Posibles cajas reductoras a utilizar en la transmisión.

Las motivaciones iniciales de usar una caja reductora como parte de la transmisión es la simplificación de ésta, su buen rendimiento, su bajo ruido, su mantenimiento y su durabilidad, todo ello si trabajamos adecuadamente y no son forzadas. Sin embargo, como se verá más adelante, estas ventajas no serán suficientes debido a los inconvenientes encontrados, entre ellos ya podemos apreciar el alto coste.

Suponiendo par y rendimiento constantes en el generador aproximamos la potencia generada para estimar la relación de velocidades necesaria en las distintas opciones estudiadas de la transmisión. Esta aproximación podemos realizarla debido a que los distintos puntos de trabajo calculados con ella serán próximos al de máximo rendimiento, que es conocido. No obstante, más adelante comprobaremos esta aproximación con los cálculos detallados de la transmisión definitiva.

4.2.1 Opción 1: uso del soporte comercial y caja reductora

En este caso aprovecharíamos el eje del freno magnético del soporte comercial como medio para extraer la potencia, conectando a éste una caja reductora (que en realidad funciona como multiplicadora) para adecuar la velocidad a la de máximo rendimiento del generador.

La única caja que se puede usar con este sistema es la Caja 3 de la Tabla 4, ya que las demás no soportan las vueltas a las que van a funcionar, así pues el sistema trabajaría en el siguiente punto de trabajo teórico:

Eje de la rueda de la bici		Transmisión	R1	Radio máximo de la polea	Eje Freno		Transmisión	R2	Eje generador		Wmax generada [W]
T [N·m]	Rpm				T [N·m]	Rpm			T [N·m]	Rpm	
9,119	146,59	Soporte	11	3,0 cm	0,829	1612,50	Caja3	4,3	0,193	6933,7	66,88

Tabla 5: Transmisión mediante el soporte comercial y una caja reductora

4. Diseño Del Prototipo

Sin embargo esta caja, junto con el generador escogido no deja espacio suficiente entre el eje del freno y el suelo, por lo que tendríamos que realizar una transformación sobre éste, perdiendo la simplificación que suponía no tener que diseñar y construir un soporte ad hoc para nuestro sistema. Se decide, por lo tanto, que se usará un soporte con un diseño completamente nuevo en lugar de modificar el comercial.

4.2.2 Opción 2: uso de una correa trapezoidal y caja reductora

En este caso desmontaríamos la cubierta de la rueda trasera acoplado a ésta una correa trapezoidal y usaríamos la caja reductora para aumentar la velocidad del eje intermedio hasta el máximo que ésta permita. El radio de la polea es la única variable que controlamos en este caso, por lo tanto deberá ser calculado para que efectivamente la caja reductora funcione lo más cerca posible a su máximo, que es nuestro limitante.

Como se ha visto, debido a que nos encontramos en un vacío de potencia y par no se encuentran cajas reductoras en el mercado a precios moderados. Las cajas encontradas soportan pares muy inferiores al necesario o muy superiores y en ningún caso la velocidad necesaria, con el consiguiente sobrecoste y riesgo de avería al acelerar, ya que estaríamos trabajando muy cerca del máximo soportado.

Sin embargo calculamos los puntos de trabajo para poder comparar justificadamente:

Opción	Eje de la rueda de la bici		Transmisión	R1	Radio mínimo de polea [mm]	Eje Intermedio		Transmisión	R2	Eje generador		Wmax generada [W]
	T [N·m]	Rpm				T [N·m]	Rpm			T [N·m]	rpm	
Caja1	9,119	146,59	CorreaT	7,11	46	1,283	1041,67	Caja1	4,8	0,268	5000	48,23
Caja2	9,119	146,59	CorreaT	3,64	91	2,506	533,33	Caja2	15	0,167	8000	77,16

Tabla 6: Opciones de transmisión mediante correa y caja reductora.

En cada caso se ha calculado el radio mínimo de la polea intermedia para usar la caja a su máximo de vueltas, y que la potencia generada sea por lo tanto la máxima. Si se hubiera escogido esta opción las poleas serían como mínimo un 10% mayores al radio mínimo calculado.

4.2.3 Opción 3: uso de correa trapezoidal y correa dentada

Las opciones de las correas se desestima debido al problema de degradación de las mismas y su inevitable mayor mantenimiento. Esta opción obligaría a construir un soporte con una estructura móvil para poder variar la tensión de las poleas para poder sustituirlas, con la consiguiente complicación y no homogeneización del sistema.

Eje rueda bicicleta		R1	Eje Intermedio					R2	Eje generador			Wmax generada [W]
T [N·m]	Rpm		Radio polea Trap [mm]	T [N·m]	Rpm	Transmisión	Radio de polea Dent [mm]		Radio de polea Dent [mm]	T [N·m]	Rpm	
9,119	146,59	9,85	34	0,926	1443,91	Correa D	72	5,14	14	0,180	7425,8	71,63

Tabla 7: Transmisión mediante correas.

4.2.4 Opción 4: uso de piñones y cadenas

Se decide diseñar una transmisión mediante cadenas con piezas de bicicletas ya que homogeneiza el sistema y facilita su reparación en caso avería, sin embargo para alcanzar la relación de transmisión necesaria éstas deben ser de competición y por lo tanto con un precio altísimo.

Finalmente se opta por piezas de minimoto, este tipo de piezas son fabricadas por infinidad de empresas y se pueden encontrar en casi cualquier país, su coste es bajo y su calidad media.

Eje rueda bicicleta			R1	Eje Intermedio			R2	Eje generador			Wmax generada [W]	
T [N·m]	Rpm	n		n	T [N·m]	Rpm		n	n	T [N·m]		Rpm
9,119	146,590	64	7,11	9	1,282	1042,42	64	7,11	9	0,180	7412,75	71,50
9,119	146,590	50	7,14	7	1,277	1047,07	50	7,14	7	0,179	7479,08	72,14

Tabla 8: Transmisión mediante cadenas.

Sin embargo durante la construcción de la transmisión nos encontramos con los siguientes problemas que no habíamos tenido en cuenta a la hora de escoger esta opción: el coste del eje intermedio, que se decide construir en aluminio y el de los rodamientos necesarios debido a la alta velocidad de éste.

4.3 Diseño del soporte

El soporte se ha diseñado buscando que sea compatible con todos los modelos de bicicleta existentes, así como una fácil construcción del mismo.

Sujeta al ciclista de forma segura y constituye la estructura para la transmisión.

Se ha construido con tubo de acero cuadrado de 40mm de lado y 2 y 3mm de espesor, dependiendo del esfuerzo que aguante la sección.

4. Diseño Del Prototipo



Figura 13: Vista trasera del soporte con la cadena sin instalar

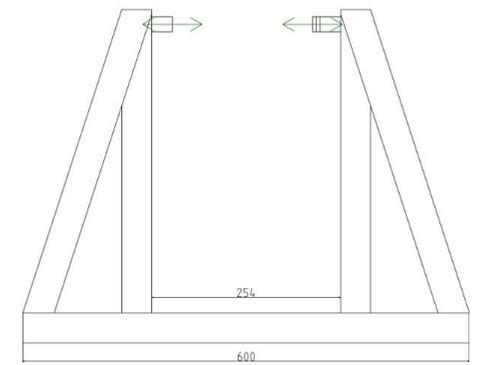
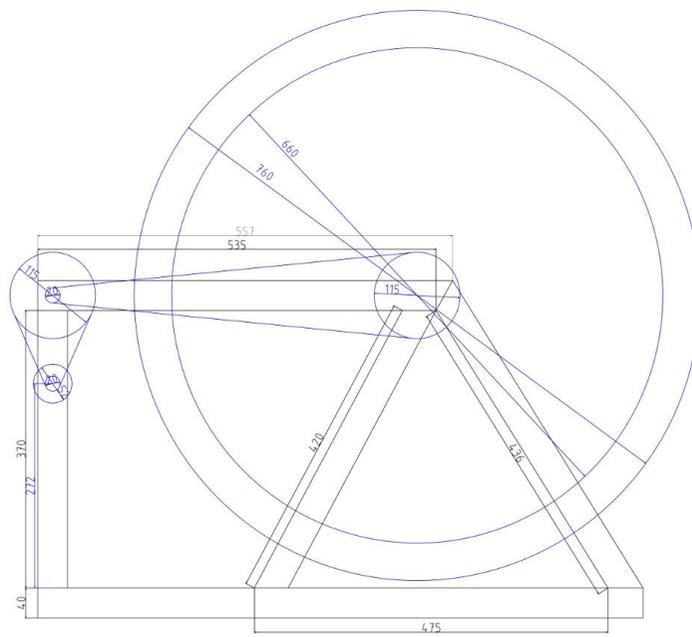
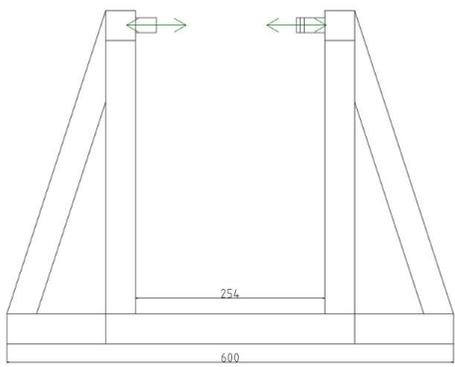


Figura 14: Vista lateral del soporte con la cadena sin instalar



Figura 15: Vista lateral del sistema completo

4. Diseño Del Prototipo



4.4 Descripción del regulador

En un primer momento se decide utilizar un regulador para carga de baterías a partir de paneles fotovoltaicos. El regulador seleccionado es el Steca Solaris², modelo con selección de voltaje automática 12V/24V y una corriente máxima de 10A. Este regulador es de fácil manejo, bajo coste y podrá ser utilizado en futuros proyectos de la universidad. Este modelo tiene las siguientes protecciones:

- Protección contra sobrecarga
- Protección contra descarga total
- Protección contra baja tensión de la batería
- Protección contra corriente de retorno al módulo solar

Sin embargo la protección contra corriente de retorno no funcionó al conectar un generador eléctrico y el regulador se averió al intentar controlar la carga de entrada al mismo.

Siguiendo las indicaciones del servicio técnico de Steca se decidió utilizar un regulador de un aerogenerador. La carga de baterías a partir de paneles fotovoltaicos es una carga suave, sin grandes oscilaciones en el tiempo, sin embargo la carga a partir de un aerogenerador es mucho más oscilante debido a las variaciones de velocidad del viento incidente en la turbina. El regulador de aerogenerador será adecuado para nuestro sistema ya que está diseñado para gestionar estas variaciones de potencia recibida.

Para el desarrollo del proyecto se aprovechó el regulador de un aerogenerador existente en el laboratorio, ya que sus características se ajustaban a nuestro sistema.

Este regulador es el regulador mixto Rutland HRSi³, tiene selección automática de voltaje 12V/24V. No tiene protección contra corriente inversa, por lo que se debe conectar desde el primer momento con un diodo. Tampoco puede cortar el suministro a la carga eléctrica, ya que no dispone de terminales para tal fin, por lo que ésta debe conectarse a la batería.

2 Se incluye la hoja de características del regulador fotovoltaico Steca Solaris en el Anexo II

3 Se incluye la hoja de características del regulador mixto Rutland HRSi en el Anexo III

4.5 Descripción de la batería

Como se describe anteriormente se decide utilizar una batería de tipo AGM debido a su combinación de bajo mantenimiento y precio contenido.

En un primer momento se utiliza una batería de 12V y 35Ah de capacidad⁴, sin embargo esta batería se estropea debido al no mantenimiento de la misma por lo que en las últimas pruebas se utilizarán baterías disponibles en el laboratorio de 12V y 7Ah de capacidad⁵.

4.6 Descripción de la carga

La carga se puede conectar mientras el generador carga la batería, de forma que si la potencia de ésta es similar a la potencia de generación la batería se mantiene en flotación, si fuera superior la batería se descargaría y si fuera menor la batería se cargaría a lo largo del periodo de pedaleo.

También se puede aprovechar la acumulación de electricidad en la batería de forma que carga y descarga se alternen en el tiempo. Este tipo de uso es menos eficiente y envejece las baterías más rápido que el anterior.

Así mismo se podría conectar un inversor de corriente para poder conectar una carga en alterna, sin embargo, debido a la poca potencia y energía de la que disponemos en este sistema creemos que esta alternativa debe usarse como último recurso.

Para la toma de datos en el laboratorio se usará como carga eléctrica cuatro resistencias eléctricas, de $4,7\Omega$ cada una, conectadas en paralelo, de esta forma evitaremos factores de potencia que nos modifiquen el consumo de manera importante en los transitorios al poner en funcionamiento la instalación.

Como medida de seguridad eléctrica e interruptores simultáneamente usaremos interruptores electromagnéticos comerciales.

También usaremos como consumo eléctrico la carga de una batería de un móvil, ya que

4 Se incluye la hoja de características de la batería en el Anexo IV

5 Se incluye la hoja de características de la batería en el Anexo V

4. Diseño Del Prototipo

la potencia y energía que esperamos generar está dimensionada para este fin. Para proceder a la carga de una batería de móvil utilizamos un cargador comercial marca Rotronic⁶ con una tensión de entrada de 12V y de salida de 5V y una corriente máxima de salida de 2A, vendido para cargar cualquier móvil o *tablet* a partir de la toma de 12V del coche. Este tipo de cargador es muy barato, su uso se encuentra muy extendido y es completamente universal.

6 Se incluye su hoja de características en el Anexo VI

CAPÍTULO 5.

PUESTA EN MARCHA

5. Puesta en Marcha	45
5.1 Instalación con regulador fotovoltaico, sin diodo protector.....	45
5.2 Instalación con regulador fotovoltaico y diodo protector.....	47
5.3 Instalación con regulador, diodo protector y voltímetros.....	48
5.4 Instalación sin regulador, generación-consumo instantáneo.....	49
5.5 Instalación con regulador para aerogenerador y diodo protector.....	50
5.5.1 Caracterización del generador en la instalación.....	51
5.5.2 Caracterización de la carga de baterías y desarrollo de potencia humana en.. largos periodos de tiempo.....	52

5. Puesta en Marcha

Con la finalidad de transmitir lo aprendido en los errores cometidos a lo largo de los experimentos, y comprender y explicar mejor el funcionamiento final del sistema, se expondrán en este capítulo, por orden cronológico, las distintas instalaciones construidas exponiendo su funcionamiento en cada caso.

Los datos obtenidos, junto con un análisis más profundo de los mismos se encuentran en el siguiente capítulo.

5.1 Instalación con regulador fotovoltaico, sin diodo protector

En un primer momento se realiza la siguiente instalación:

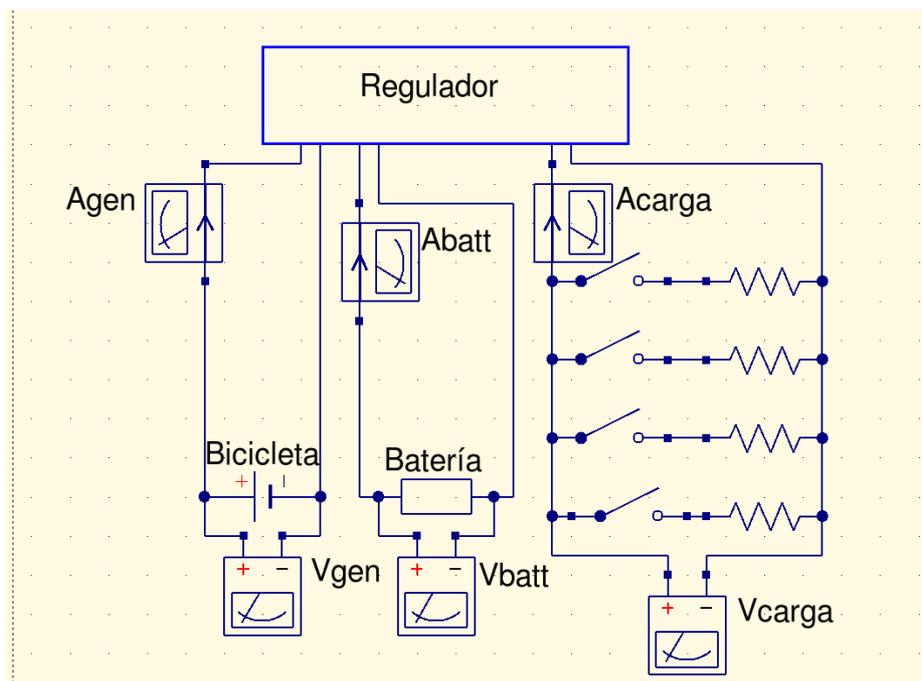


Figura 16: Esquema del primer montaje

Según los siguientes pasos, como indica el manual del regulador de corriente:

1: Conexión de la batería en paralelo a sus terminales correspondientes en el regulador, primero el positivo conectándole un amperímetro y después el negativo. Los leds del regulador indican que la batería se encuentra en un 40-50% de su carga

5. Puesta en Marcha

máxima.

2: Medimos con un voltímetro la tensión en los terminales del generador haciéndole girar a pocas vueltas para realizar la conexión con la polaridad correcta.

3: Conectamos el generador en paralelo a sus terminales correspondientes en el regulador, primero el positivo conectándole un amperímetro y después el negativo. En ese momento el generador empieza a funcionar como motor consumiendo corriente, desconectamos rápidamente y transcurridos unos segundos volvemos a conectarlo sin ningún incidente.

4: Conectamos las resistencias en sus correspondientes terminales del regulador, dejando los diferenciales abiertos ya que primero necesitamos cargar la batería.

5: Realizamos la primera prueba de carga de la batería. Empezamos pedaleando poco a poco y aumentamos la velocidad hasta que medimos una corriente que oscila entre 2 y 3A en ambos amperímetros, siendo aproximadamente un 5% inferior la corriente de carga de la batería.

6: Se realiza una segunda prueba pedaleando a mayor velocidad obteniendo una corriente ligeramente superior, al dejar de pedalear se invierte la corriente y el generador vuelve a funcionar como motor, a pesar de que el regulador tiene protección de no retorno de corriente hacia los paneles fotovoltaicos.

7: Se realizan varias pruebas similares obteniendo corrientes similares y una inversión de la corriente aleatoria que no conseguimos predecir, lo único constante es que cuando se invierte la corriente, si abrimos el circuito y volvemos a cerrarlo, la corriente sigue invertida a no ser que abramos el circuito desconectando el cable del terminal positivo de la batería. También se observa que se debe empezar a pedalear despacio y después ir aumentando la velocidad para que el generador empiece a bajas vueltas y éstas vayan subiendo, de lo contrario no es capaz de generar corriente midiendo 0A en ambos amperímetros, suponemos que en este caso no es capaz de autoexcitarse.

En todas estas pruebas se observa que el par ejercido por el motor es muy inferior al esperado.

No conseguimos obtener datos de interés más precisos, ya que la generación de

potencia dura muy poco tiempo y cada vez que se invierte la corriente y el generador empieza a funcionar como motor tenemos problemas con la transmisión, ya que se ve obligada a transmitir el par en sentido contrario, para lo que no está diseñada, y los piñones se desatornillan de sus casquillos haciendo saltar la cadena.

5.2 Instalación con regulador fotovoltaico y diodo protector

Debido a las pruebas anteriores se decide instalar un diodo para impedir la inversión de la corriente, según se ve en la siguiente figura.

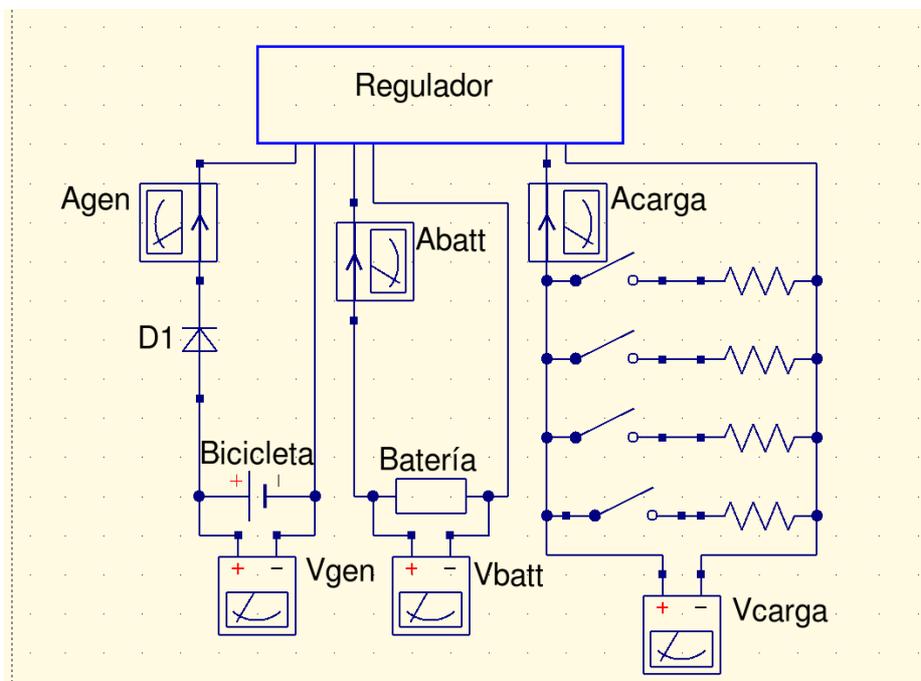


Figura 17: Esquema del segundo montaje (con diodo protector)

Se realiza una primera prueba con un éxito rotundo obteniendo una corriente que va aumentando según aumentamos la velocidad hasta poco más de cinco amperios, momento en el que paramos la prueba, ya que no esperábamos obtener tanta potencia y el diodo instalado solo soporta esa corriente. En ese momento el generador gira en torno a las 8500rpm.

Se prepara un vídeo de la instalación para medir con simultaneidad la corriente y las vueltas del generador a pocas vueltas, mientras se consigue un diodo de más potencia.

5. Puesta en Marcha

A partir de este momento la corriente medida en varias pruebas es 0A y el generador apenas ejerce par resistivo.

5.3 Instalación con regulador, diodo protector y voltímetros

Para descubrir lo que está pasando y porqué no generamos absolutamente nada decidimos conectar voltímetros realizando el siguiente montaje:

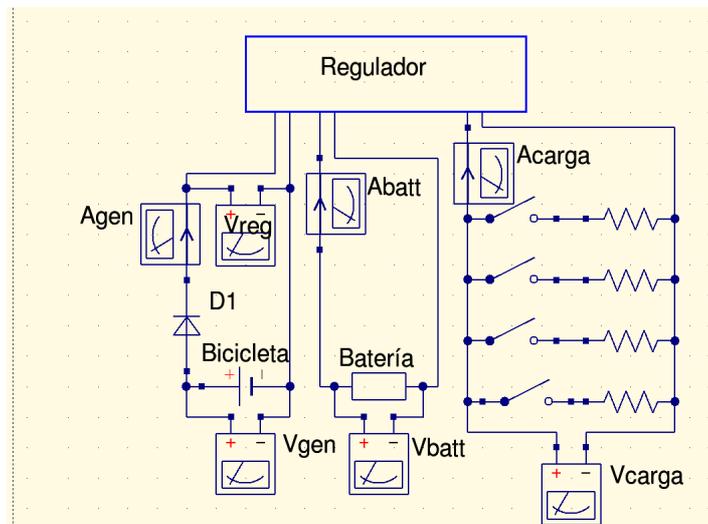


Figura 18: Esquema del tercer montaje (análisis del regulador)

Al realizar este último montaje nos damos cuenta de lo que está ocurriendo: en cuanto conectamos el regulador a la batería, primer paso del manual de instalación del regulador, éste mantiene una tensión constante en los bornes del generador de 12,2V, por lo tanto: si no tenemos el diodo, cuando conectamos el generador cierra el circuito funcionando como motor y si tenemos el diodo, éste no deja circular corriente hasta que la tensión generada sea mayor que los 12,2V.

Realizamos una prueba acelerando hasta que superamos los 12,2V en los terminales del generador. Tal y como habíamos previsto, en este momento empieza a circular la corriente (en torno a 1A) pero para esta corriente debemos ir a gran velocidad por lo que este montaje debe modificarse para ser práctico en la realidad.

Decidimos estudiar si el comportamiento del regulador es normal en una instalación de fotovoltaica, uso para el que está diseñado, y a qué se debe en nuestro caso, mientras

5. Puesta en Marcha

tanto decidimos realizar un montaje de generación-consumo sin almacenamiento para caracterizar el generador.

5.4 Instalación sin regulador, generación-consumo instantáneo

Debido a los problemas que está produciendo el regulador de la batería decidimos realizar el siguiente montaje como paso intermedio en nuestro estudio:

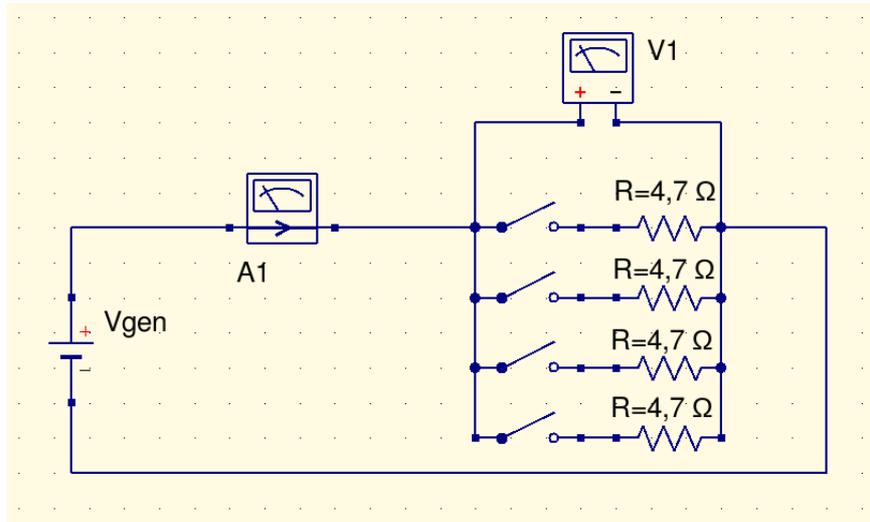


Figura 19: Esquema del cuarto montaje (generación-consumo instantáneo)

En este caso no tenemos ningún tipo de problema y el estudio se lleva con normalidad generando desde la primera pedalada. Se toman las medidas, haciendo que el generador funcione el mayor tiempo posible en estado estacionario para todo el rango de velocidades.

Los datos obtenidos y su estudio se encuentran en el subcapítulo 6.1.

5.5 Instalación con regulador para aerogenerador y diodo protector.

Debido al funcionamiento del regulador utilizado, sospechoso de avería, se decide analizar una instalación correcta de paneles fotovoltaicos de la universidad. Se confirma la avería y se dispone a hablar con el fabricante del regulador, indicando éste

5. Puesta en Marcha

que se debe usar un regulador para un generador eólico.

El regulador fotovoltaico utilizado tiene protección contra inversión de corriente, sin embargo esta no ha funcionado y por ello se ha averiado. Entendemos que la potencia demandada por el generador, que al fin y al cabo es un motor eléctrico, es mucho mayor que la demandada por un panel fotovoltaico al caer la noche, y que el regulador no está preparado para tal inversión de corriente.

Los reguladores para aerogeneradores que se encuentran en el mercado son, en la mayoría de casos, reguladores para corriente alterna, ya que típicamente, los pequeños aerogeneradores que generan corriente continua incorporan el regulador en la turbina.

Se decide utilizar un regulador mixto Rutland HRSi, existente en la universidad y adecuado para nuestra instalación. Este regulador no tiene terminales para conectar la carga, por lo que ésta debe conectarse directamente a la batería.

Siguiendo las instrucciones de montaje del fabricante se realiza la siguiente instalación:

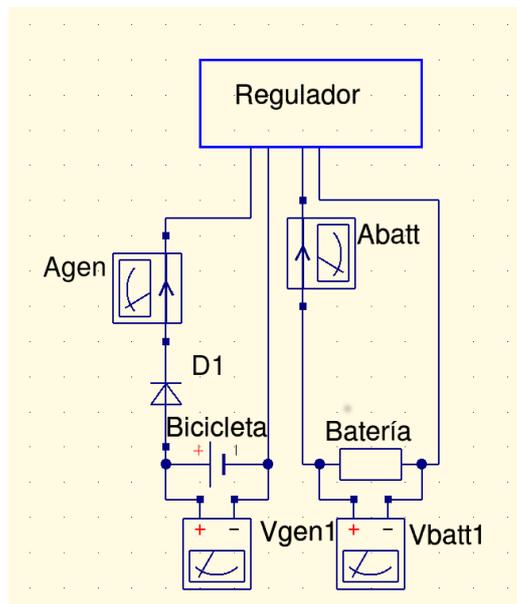


Figura 20: Esquema de la instalación con regulador de aerogenerador

Una vez montada la instalación se realizan las siguientes pruebas y toma de datos correspondientes para el desarrollo del proyecto.

5.5.1 Caracterización del generador en la instalación.

En un primer momento nos interesa estudiar el comportamiento del generador con este regulador, para lo cual se pedalea en un amplio rango de velocidades durante unos minutos.

En esta primera prueba se observa una tensión generada lineal respecto a las vueltas del generador, empezando a generar corriente cuando la tensión es mayor a 12V, tensión en bornes de la batería.

Los datos extraídos de esta prueba y su estudio se encuentran en el subcapítulo 6.2.

5.5.2 Caracterización de la carga de baterías y desarrollo de potencia humana en largos periodos de tiempo.

Debido a factores externos del proyecto éste se paraliza durante un curso académico. Cuando se retoman las pruebas se decide estudiar el funcionamiento de la instalación durante largos periodos de pedaleo.

En un principio se plantea hacer pruebas de una hora de pedaleo seguido, pero finalmente se decide reducir a media hora de pedaleo.

De esta forma se busca estudiar la potencia que es capaz de desarrollar una persona a lo largo del tiempo así como la energía total, entrando en juego el agotamiento de “la fuente de energía”, la persona.

Además se buscará la mejor forma de conectar las cargas al sistema, para lo cual se variará el número de baterías conectadas y la carga conectada a éstas.

Tras varias tomas de datos y pruebas realizadas concluimos que el regulador no funciona correctamente, por lo que debemos comprar otro de iguales características y continuar con las pruebas. A pesar de ello, los datos obtenidos nos sirven para el estudio de la potencia humana.

Los datos obtenidos de estas pruebas y sus estudios se encuentran en el apartado 6.3 y subcapítulos consiguientes.

CAPÍTULO 6
TOMA Y ANÁLISIS DE DATOS

6. Toma y Análisis de Datos.....	53
6.1 Datos de generación-consumo instantáneo.....	53
6.1.1 Una Resistencia.....	55
6.1.2 Dos Resistencias.....	57
6.1.3 Tres Resistencias.....	58
6.1.4 Cuatro Resistencias.....	60
6.1.5 Análisis de los datos de generación-consumo instantáneo.....	61
6.2 Datos de carga de un acumulador mediante un regulador de aerogenerador....	62
6.3 Datos de carga en periodos largos de pedaleo	66
6.3.1 Batería de 12V y 7Ah con una carga inicial de 10V.....	68
6.3.2 Dos baterías de 12V y 9Ah conectadas en serie con 15V en total.....	75
6.3.3 Una batería de 12V y 7Ah con dos resistencias conectadas en paralelo entre sí, cada una de 4,7 Ω . Con una tensión inicial de 12,3V.....	80
6.3.4 Una batería de 12V y 7Ah con una tensión inicial de 12,12V conectada a un cargador de baterías de móvil cargando una batería de 3,7V con una carga inicial de 3,37V.....	87

6. Toma y Análisis de Datos

Al no disponer de data loggers para la toma de datos se decide tomar vídeos de multímetros convencionales y un velocímetro de bicicleta, con el que se calculará las vueltas a las que gira el generador, para sincronizar todos los datos.

Se ha hecho girar el generador pedaleando en la bicicleta de la forma más constante posible en un amplio rango de velocidades para tomar datos estacionarios.

Para un posterior estudio se contempla la posibilidad de hacer girar el sistema con un motor controlado por ordenador y obtener los datos con data loggers de forma que se pueda calcular el rendimiento global de la instalación de forma precisa.

6.1 Datos de generación-consumo instantáneo

Los primeros datos de generación obtenidos se corresponden a la siguiente instalación.

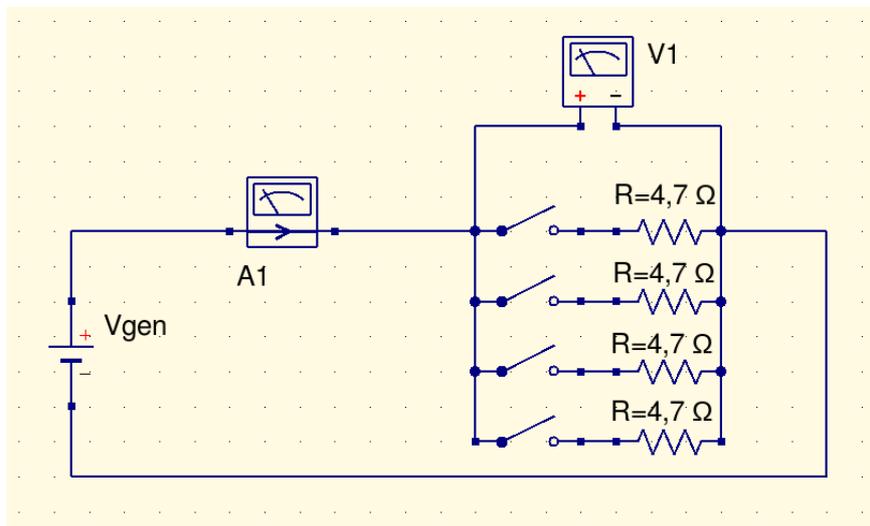


Figura 21: Esquema de la instalación de generación-consumo instantáneo

En la que vamos aumentando el número de resistencias conectadas mediante los interruptores para estudiar la variación de carga en el generador.

En las siguiente tablas se muestran los datos obtenidos en cada caso:

6. Toma y Análisis de Datos

- La primera columna (v [Km/h]) corresponde con la velocidad lineal que tendría la bicicleta medida con el velocímetro de ésta.
- Las dos siguientes columnas (rpm bicicleta y rpm generador) son las velocidades del eje de la rueda de la bicicleta y del eje del generador respectivamente.
- Las correspondientes a “V” e “I” son la tensión y corriente medidas con los multímetros.
- “ V_{ajust} ” e “ I_{ajust} ” son calculadas por regresión lineal y R_{ajust} es la resistencia equivalente del circuito calculada mediante la Ley de Ohm a partir de las regresiones “ V_{ajust} ” e “ I_{ajust} ”.
- η corresponde al rendimiento del generador, calculado mediante la expresión

obtenida en el capítulo 4: $\eta = \frac{V \cdot I}{0,212 \cdot I^2 + V \cdot I + 24,829}$ donde V e I corresponden

a “ V_{ajust} ” e “ I_{ajust} ”

- $W_{ciclist\ aprox}$ corresponde a la potencia desarrollada por el ciclista, calculada a partir de la potencia generada, el rendimiento del generador y el rendimiento mecánico de la transmisión: $W_{ciclist\ aprox} = \frac{P_{generador}}{\eta_{generador} \cdot \eta_{transmision}}$, se trata de una estimación ya que desconocemos el rendimiento exacto de la transmisión, el cual estimamos como 0,6.
- $T_{ciclist\ aprox}$ es el par desarrollado por el ciclista, calculado a partir de $W_{ciclist\ aprox}$ y su velocidad.

6. Toma y Análisis de Datos

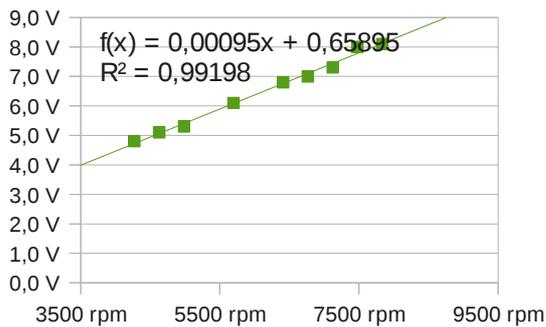
6.1.1 Una Resistencia

v [Km/h]	rpm bicicleta	rpm generador	V	I	V ajust	I ajust	R ajust	W ajust	η	Wciclist aprox	T ciclist aprox
11	76,785	3917,616			4,39	0,84	5,212	3,697	0,1289	47,794	5,944
12	83,766	4273,763	4,8	0,9	4,73	0,92	5,163	4,331	0,1476	48,896	5,574
13	90,746	4629,910	5,1		5,07	0,99	5,122	5,015	0,1669	50,086	5,271
14	97,727	4986,057	5,3	1,1	5,41	1,06	5,086	5,749	0,1865	51,363	5,019
15	104,707	5342,204			5,75	1,14	5,054	6,533	0,2065	52,727	4,809
16	111,688	5698,351	6,1	1,2	6,09	1,21	5,027	7,367	0,2266	54,178	4,632
17	118,668	6054,498			6,42	1,28	5,003	8,251	0,2468	55,716	4,484
18	125,649	6410,645	6,8		6,76	1,36	4,981	9,185	0,2670	57,342	4,358
19	132,629	6766,792	7	1,4	7,10	1,43	4,961	10,169	0,2870	59,054	4,252
20	139,610	7122,939	7,3		7,44	1,51	4,944	11,203	0,3068	60,854	4,162
21	146,590	7479,086	8	1,6	7,78	1,58	4,928	12,287	0,3264	62,741	4,087
22	153,571	7835,233	8,1		8,12	1,65	4,913	13,421	0,3456	64,715	4,024
23	160,551	8191,380			8,46	1,73	4,900	14,605	0,3645	66,776	3,972

Tabla 9: Datos de generación-consumo instantáneo con 1 Resistencia

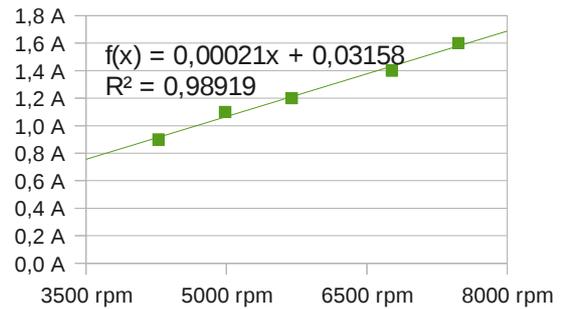
Tensión vs rpm

1 Resistencia



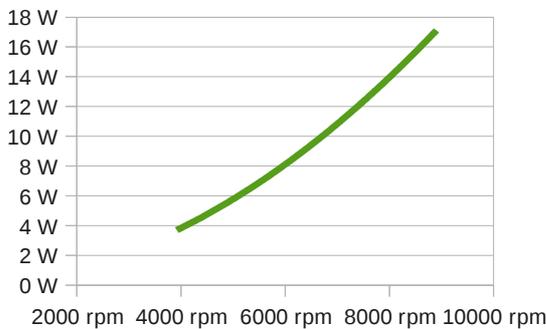
I vs rpm

1 Resistencia



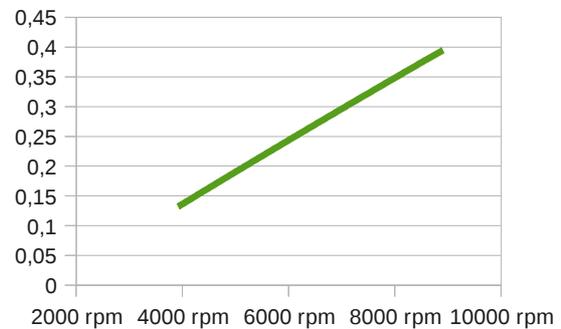
W vs rpm

1 Resistencia

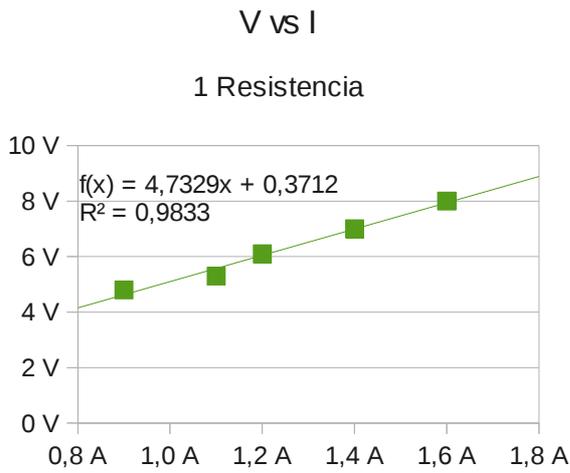


Rto vs rpm

1 Resistencia



6. Toma y Análisis de Datos



6.1.2 Dos Resistencias

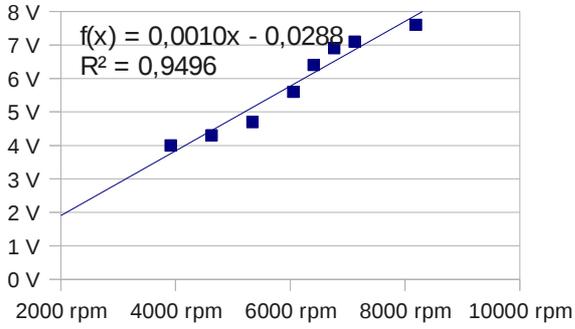
v [Km/h]	rpm bicicleta	rpm generador	V	I	V ajust	Iajust	R ajust	W ajus	η	Wciclist aprox	Tciclist aprox
11	76,785	3917,616	4	1,4	3,76	1,35	2,777	5,089	0,1679	37,883	4,711
12	83,766	4273,763			4,10	1,48	2,770	6,078	0,1937	39,216	4,471
13	90,746	4629,910	4,3	1,5	4,45	1,61	2,764	7,156	0,2200	40,667	4,279
14	97,727	4986,057			4,79	1,74	2,760	8,321	0,2463	42,237	4,127
15	104,707	5342,204	4,7	1,8	5,14	1,86	2,755	9,574	0,2725	43,925	4,006
16	111,688	5698,351		2,0	5,48	1,99	2,752	10,915	0,2984	45,732	3,910
17	118,668	6054,498	5,6	2,3	5,83	2,12	2,749	12,344	0,3238	47,657	3,835
18	125,649	6410,645	6,4	2,3	6,17	2,25	2,746	13,861	0,3486	49,700	3,777
19	132,629	6766,792	6,9		6,51	2,37	2,743	15,466	0,3728	51,862	3,734
20	139,610	7122,939	7,1	2,4	6,86	2,50	2,741	17,158	0,3961	54,143	3,703
21	146,590	7479,086		2,6	7,20	2,63	2,739	18,938	0,4187	56,542	3,683
22	153,571	7835,233			7,55	2,76	2,737	20,807	0,4404	59,059	3,672
23	160,551	8191,380	7,6	2,9	7,89	2,88	2,736	22,763	0,4612	61,695	3,669
24	167,532	8547,526			8,24	3,01	2,734	24,807	0,4811	64,449	3,674
25	174,512	8903,673			8,58	3,14	2,733	26,938	0,5002	67,322	3,684

Tabla 10: Datos de generación-consumo instantáneo con 2 Resistencias

6. Toma y Análisis de Datos

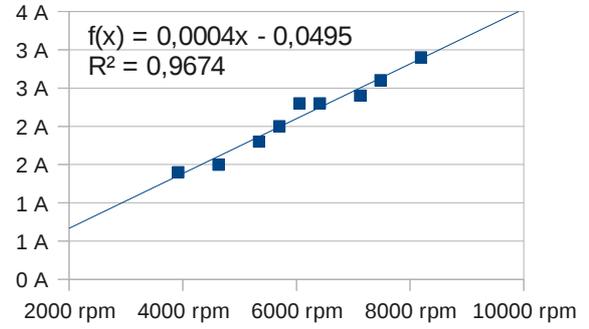
V vs rpm

2 Resistencias



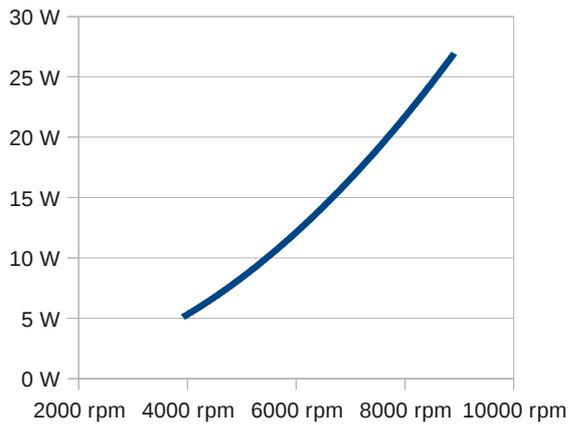
I vs rpm

2 Resistencias



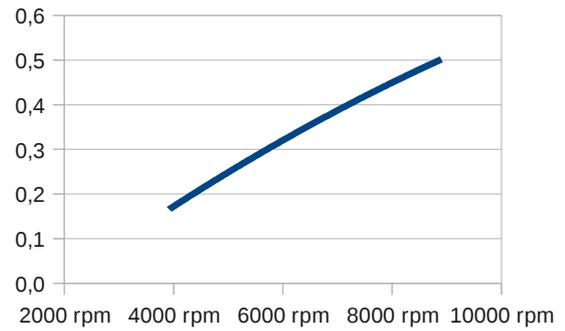
W vs rpm

2 Resistencias



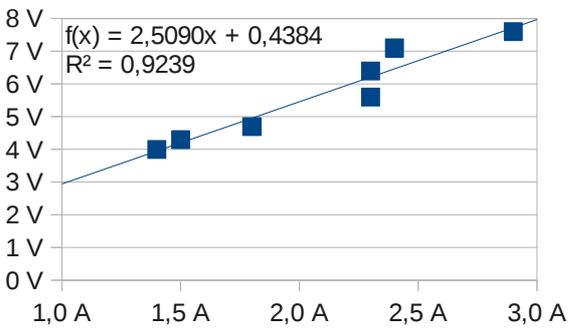
Rto vs rpm

2 Resistencias



V vs I

2 Resistencias



6. Toma y Análisis de Datos

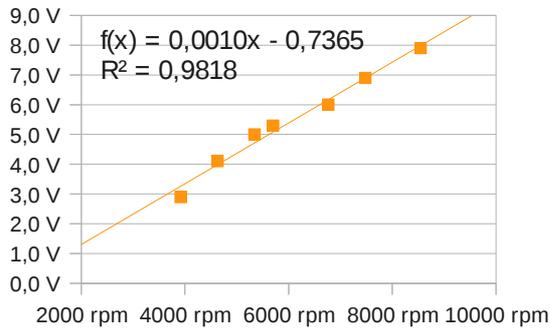
6.1.3 Tres Resistencias

v [Km/h]	rpm bicicleta	rpm generador	V	I	V ajust	Iajust	R ajust	W ajust	η	Wciclist aprox	T ciclist aprox
11	76,785	3917,616	2,9	2,2	3,26	2,27	1,436	7,407	0,2222	55,550	6,908
12	83,766	4273,763			3,63	2,44	1,484	8,853	0,2533	58,244	6,640
13	90,746	4629,910	4,1	2,8	3,99	2,61	1,526	10,424	0,2840	61,167	6,437
14	97,727	4986,057			4,35	2,78	1,563	12,118	0,3140	64,318	6,285
15	104,707	5342,204	5		4,72	2,96	1,596	13,937	0,3431	67,697	6,174
16	111,688	5698,351	5,3		5,08	3,13	1,625	15,881	0,3712	71,304	6,096
17	118,668	6054,498		3,2	5,44	3,30	1,650	17,949	0,3981	75,139	6,046
18	125,649	6410,645			5,81	3,47	1,674	20,141	0,4238	79,202	6,019
19	132,629	6766,792	6	3,6	6,17	3,64	1,695	22,458	0,4483	83,493	6,011
20	139,610	7122,939			6,53	3,81	1,714	24,899	0,4715	88,012	6,020
21	146,590	7479,086	6,9	3,9	6,90	3,98	1,732	27,464	0,4935	92,759	6,043
22	153,571	7835,233			7,26	4,15	1,748	30,154	0,5142	97,734	6,077
23	160,551	8191,380			7,62	4,32	1,763	32,968	0,5338	102,937	6,123
24	167,532	8547,526	7,9	4,6	7,99	4,50	1,777	35,907	0,5522	108,368	6,177
25	174,512	8903,673			8,35	4,67	1,789	38,970	0,5696	114,027	6,240

Tabla 11: Datos de generación-consumo instantáneo con 3 Resistencias

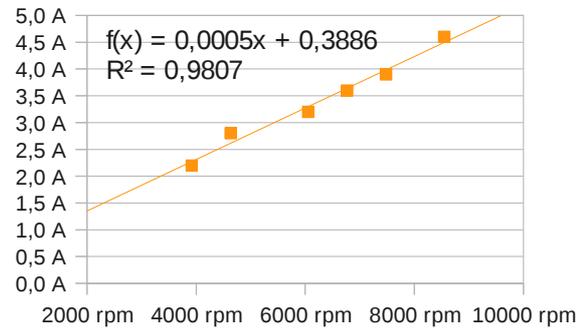
V vs rpm

3 Resistencias



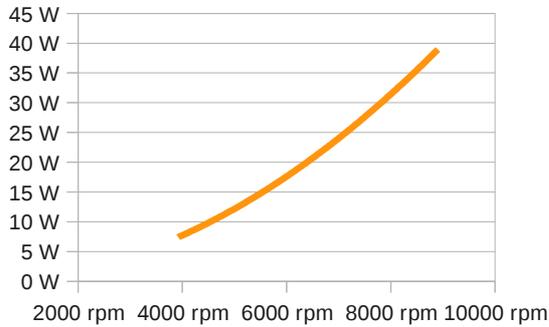
I vs rpm

3 Resistencias

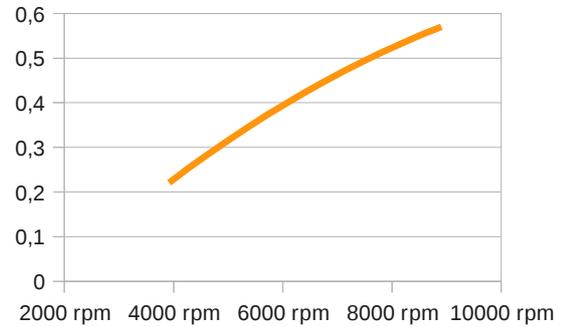


6. Toma y Análisis de Datos

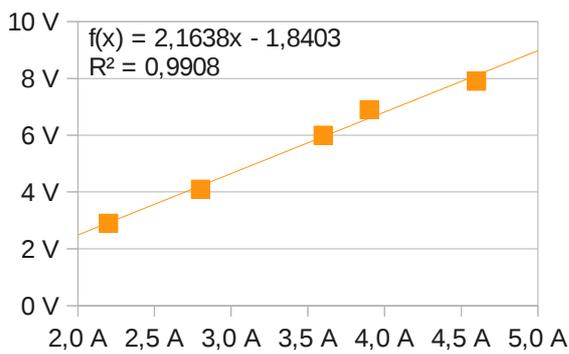
W vs rpm
3 Resistencias



Rto vs rpm
3 Resistencias



V vs I
3 Resistencias



6.1.4 Cuatro Resistencias

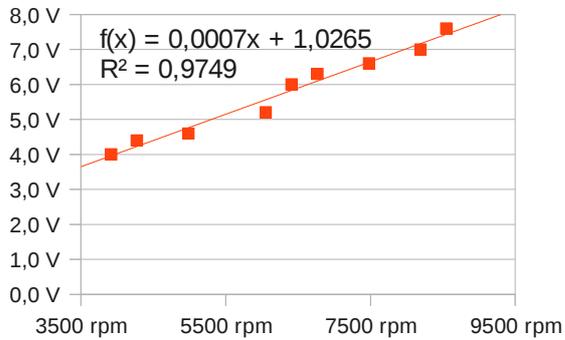
v [Km/h]	rpm bicicleta	rpm generador	V	I	V ajust	Iajust	R ajust	W ajus	η	Wciclist aprox	T ciclist aprox
11	76,785	3917,616	4	3,0	3,963929	3,059728	1,295517	12,12855	0,3114	64,9038	8,0717
12	83,766	4273,763	4,4		4,230968	3,262269	1,29694	13,80256	0,3376	68,1462	7,7687
13	90,746	4629,910		3,4	4,498007	3,46481	1,298197	15,58474	0,3628	71,5980	7,5343
14	97,727	4986,057	4,6	3,6	4,765046	3,667351	1,299316	17,47509	0,3870	75,2590	7,3539
15	104,707	5342,204			5,032085	3,869891	1,300317	19,47362	0,4102	79,1292	7,2166
16	111,688	5698,351			5,299124	4,072432	1,301218	21,58032	0,4323	83,2088	7,1144
17	118,668	6054,498	5,2	4,4	5,566163	4,274973	1,302035	23,79519	0,4533	87,4976	7,0410
18	125,649	6410,645	6	4,7	5,833202	4,477514	1,302777	26,11824	0,4732	91,9957	6,9917
19	132,629	6766,792	6,3	4,7	6,10024	4,680054	1,303455	28,54946	0,4920	96,7031	6,9626
20	139,610	7122,939			6,367279	4,882595	1,304077	31,08885	0,5099	101,6198	6,9508
21	146,590	7479,086	6,6	5,1	6,634318	5,085136	1,304649	33,73641	0,5267	106,7457	6,9537
22	153,571	7835,233			6,901357	5,287677	1,305178	36,49215	0,5426	112,0809	6,9694
23	160,551	8191,380	7	5,3	7,168396	5,490218	1,305667	39,35606	0,5576	117,6254	6,9962
24	167,532	8547,526	7,6		7,435435	5,692758	1,306122	42,32814	0,5718	123,3792	7,0326
25	174,512	8903,673			7,702474	5,895299	1,306545	45,40839	0,5851	129,3423	7,0776

Tabla 12: Datos de generación-consumo instantáneo con 4 Resistencias.

6. Toma y Análisis de Datos

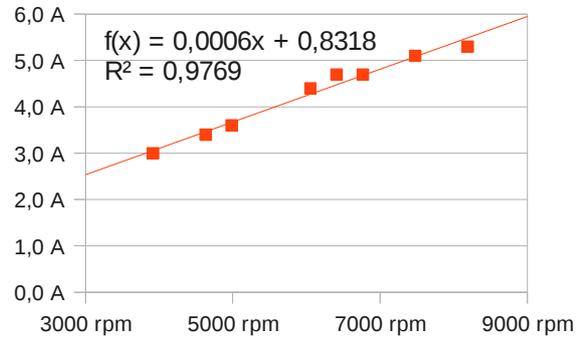
V vs rpm

4 Resistencias



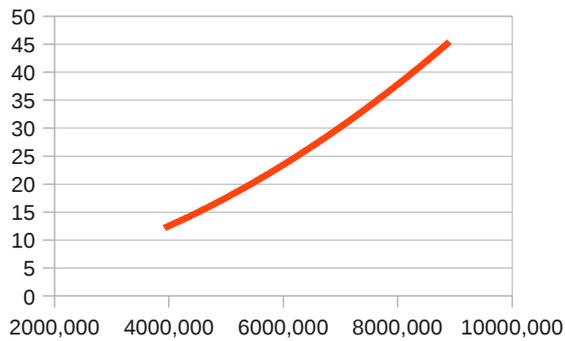
I vs rpm

4 Resistencias



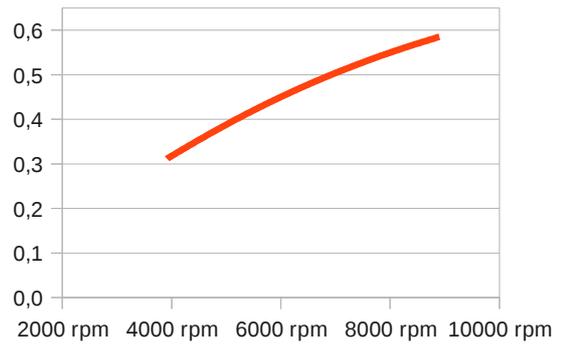
Wajus vs rpm

4 Resistencias



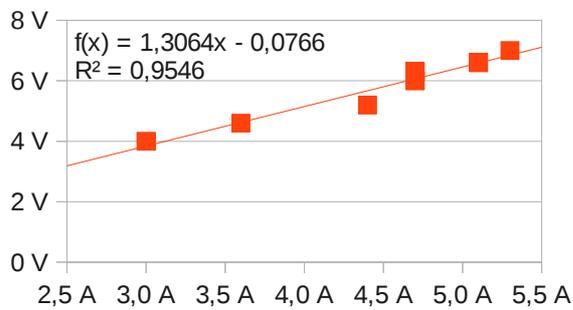
Rto vs rpm

4 Resistencias



V vs I

4 Resistencias



6.1.5 Análisis de los datos de generación-consumo instantáneo

De los datos obtenidos conectando la carga directamente al generador observamos en todos los casos tensión proporcional a la velocidad de giro del generador (independiente de la carga) y corriente proporcional a la carga y a la velocidad de giro del generador. Por lo que se ha ajustado la potencia generada en función de la velocidad de giro del generador como un polinomio de segundo grado.

La gráfica tensión-corriente, lineal, corresponde a la de un generador serie, tal y como habíamos calculado en el capítulo cuarto. Nos encontramos por debajo de la zona de saturación en la que ésta deja de ser lineal.

Cuando analizamos el rendimiento, observamos que nos encontramos muy por debajo de su máximo.

No podemos predecir con precisión el comportamiento del generador a mayor número de vueltas porque, como se ha comentado, el funcionamiento de éste deja de ser lineal a partir de un régimen desconocido.

En general podemos concluir que la carga es demasiado pequeña para el generador utilizado. El par resistivo ejercido por el generador era bajo, un ciclista puede desarrollar más par sin dificultad. Este hecho hace que la corriente generada sea baja, y por tanto también la potencia desarrollada por el ciclista.

Sería interesante poder realizar estas mismas medidas con más resistencias conectadas, para así poder caracterizar el generador en todo su rango.

6.2 Datos de carga de un acumulador mediante un regulador de aerogenerador.

Una vez que disponemos de un regulador de aerogenerador realizamos el montaje descrito en el apartado 5.5.1 y nos disponemos a tomar los datos. El objetivo de esta primera toma de datos es obtener datos preliminares en un rango amplio de velocidades para estudiar el funcionamiento del generador, para lo cual se pedalea unos 5 minutos. En este periodo no se aprecia una recarga sustancial de la batería, la cual tiene una tensión de 12,1 V.

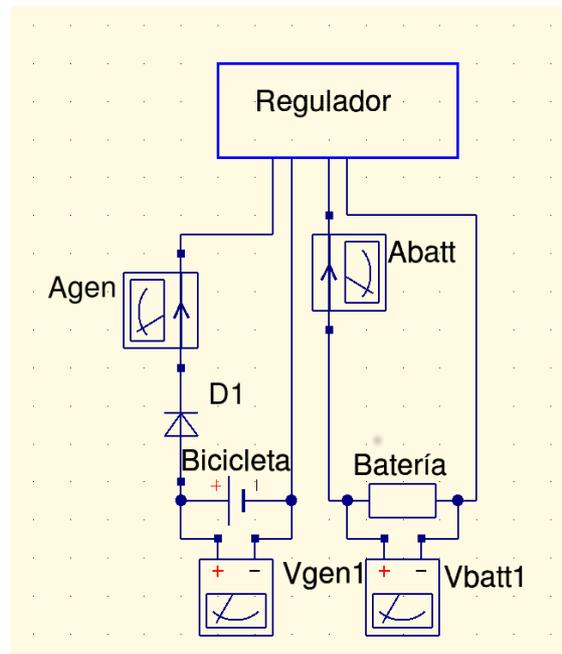


Figura 22: Esquema de la instalación con regulador de aerogenerador

La lectura de los multímetros en este caso es muy inestable, por lo que se decide tomar un dato de cada segundo del vídeo grabado, eliminar datos espurios y hacer media a cada régimen del generador⁷.

Con este método obtenemos los siguientes datos:

- Velocidad lineal a la que circularía la bicicleta: v [km/h]
- La tensión y la corriente generada: V_{gen} y A_{gen} .
- La tensión y la corriente a la que se carga la batería: V_{batt} y A_{batt} .

A partir de los cuales podemos calcular:

- Velocidad de giro del eje de la bicicleta y en el del generador: $rpm_{bicicleta}$ y $rpm_{generador}$.
- Potencia generada y a la que se carga la batería: W_{gen} y W_{carga} .

Obteniendo la siguiente tabla de datos:

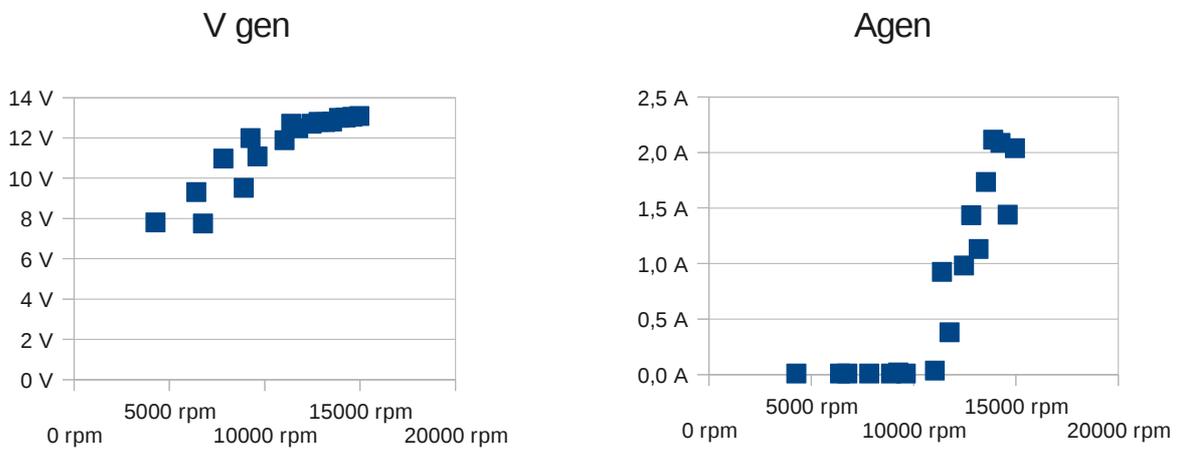
⁷ Los datos obtenidos siguiendo este procedimiento se encuentran en su totalidad en el anexo VII

6. Toma y Análisis de Datos

v [km/h]	rpm bicicleta	rpm generador	V gen	A gen	V batt	A batt	W gen	W carga
12	83,77	4273,76	7,81	0,01	12,13	-0,04	0,08	-0,49
18	125,65	6410,64	9,31	0,01	12,13	-0,04	0,09	-0,49
19	132,63	6766,79	7,75	0,01	12,14	-0,04	0,08	-0,49
22	153,57	7835,23	10,98	0,01	12,14	-0,04	0,11	-0,49
25	174,51	8903,67	9,53	0,01	12,13	-0,04	0,10	-0,49
26	181,49	9259,82	12,00	0,02	12,14	-0,04	0,24	-0,49
27	188,47	9615,97	11,08	0,01	12,13	-0,04	0,11	-0,49
31	216,39	11040,56	11,89	0,04	12,14	-0,03	0,42	-0,30
32	223,38	11396,70	12,71	0,93	12,17	0,81	11,77	9,80
33	230,36	11752,85	12,48	0,38	12,15	0,16	4,74	1,94
35	244,32	12465,14	12,71	0,98	12,20	0,83	12,56	10,09
36	251,30	12821,29	12,80	1,44	12,21	1,43	18,43	17,45
37	258,28	13177,44	12,79	1,13	12,24	1,56	14,48	19,05
38	265,26	13533,58	12,82	1,74	12,30	1,83	22,24	22,51
39	272,24	13889,73	13,00	2,12	12,30	2,31	27,54	28,38
40	279,22	14245,88	13,01	2,09	12,40	2,22	27,18	27,61
41	286,20	14602,02	13,06	1,44	12,34	1,85	18,81	22,88
42	293,18	14958,17	13,09	2,04	12,34	2,26	26,72	27,88
43	300,16	15314,32	13,02	2,44	12,34	2,39	31,77	29,49

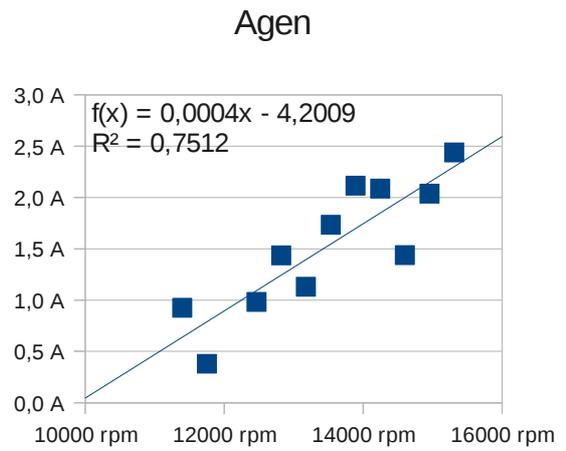
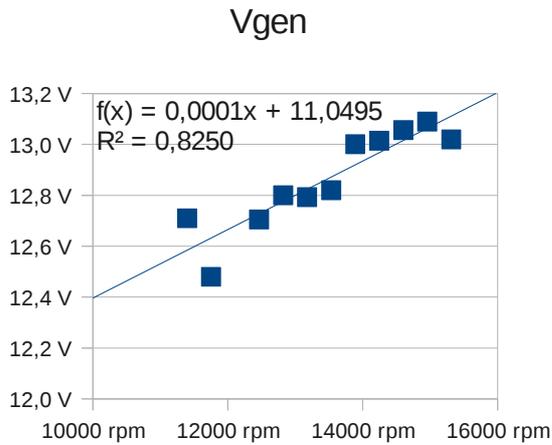
Tabla 13: Datos de carga de una batería con un regulador de aerogenerador en un periodo corto de tiempo

Los datos de generación son:



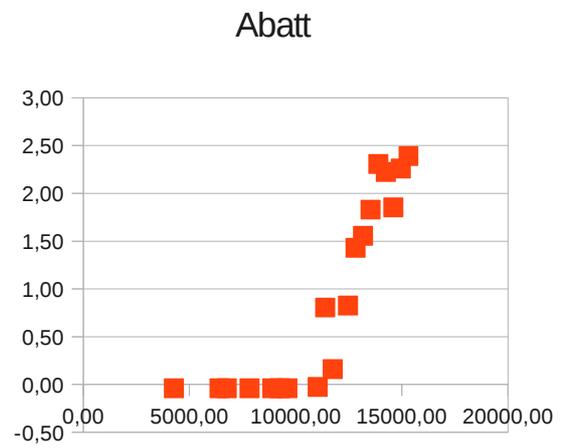
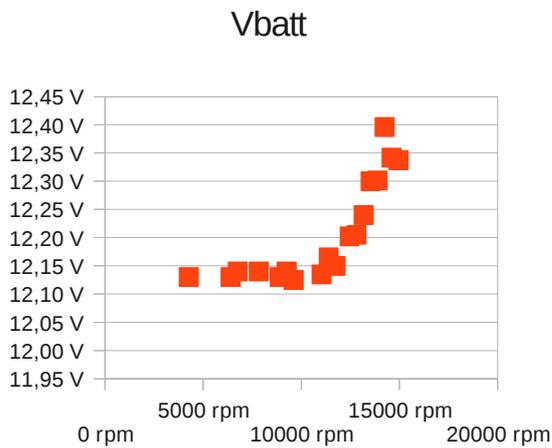
Eliminando los datos en los que no se genera potencia podemos realizar un estudio más profundo:

6. Toma y Análisis de Datos

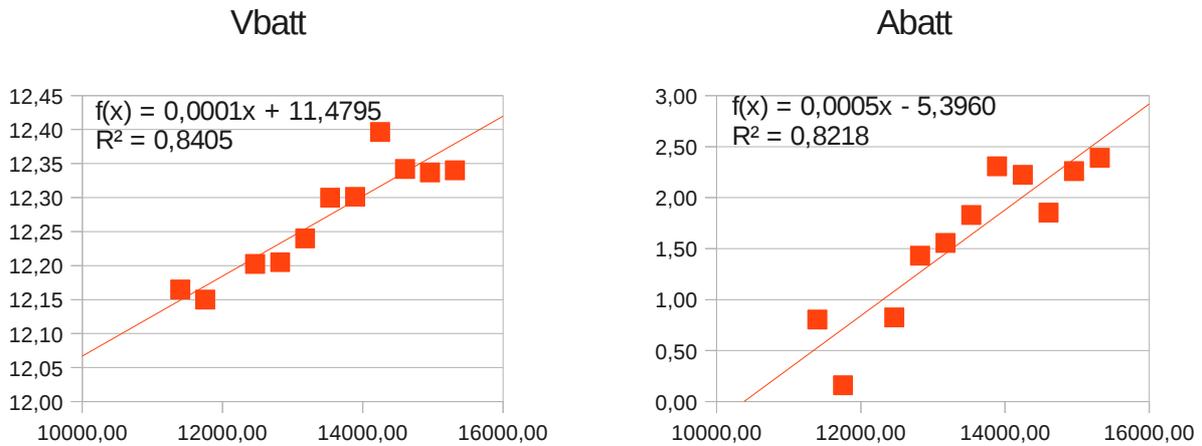


Observamos que a pesar de la dispersión de los datos hemos obtenidos coeficientes de correlación lineal próximos a la unidad, lo que nos confirma que, dentro de este rango, tanto tensión como corriente generada son lineales respecto a las vueltas del generador, por lo que la potencia dependerá del cuadrado de las vueltas.

Los datos de carga de la batería son:



Realizando la misma tarea que en el caso de la generación obtenemos:



El principal problema que observamos es que el generador apenas ejerce par resistivo al ciclista, esto es debido a la poca corriente que se genera. La resistencia equivalente de la batería es muy alta, si cargásemos varias baterías en paralelo, podríamos generar más potencia eléctrica al mismo número de vueltas.

Si se cargan baterías en paralelo simultáneamente no se deben cargar más de dos baterías y éstas deben ser del mismo modelo y con el mismo nivel de uso, ya que de lo contrario se producen corrientes parásitas que causan el envejecimiento prematuro de las baterías. En el laboratorio solamente disponemos de una unidad del modelo de batería usada, por lo que no podemos realizar esta prueba.

6.3 Datos de carga en periodos largos de pedaleo

Para realizar un estudio en profundidad es necesario tomar datos durante un periodo largo de pedaleo, de forma que podamos observar la variación a lo largo del tiempo de la potencia generada y de la carga de la batería.

Para estudiar los cambios en el funcionamiento de la instalación según la carga eléctrica conectada a la batería tomamos datos con las siguientes variaciones:

- Una batería de 12V y 7Ah con una carga inicial de 10V.

6. Toma y Análisis de Datos

- Dos baterías de 12V y 9Ah conectadas en serie con 15V en total.
- Una batería de 12V y 7Ah con dos resistencias conectadas en paralelo entre sí, cada una de 4,7Ω. Con una tensión inicial de 12,3 V.
- Una batería de 12V y 7Ah con una tensión inicial de 12,12V conectada a un cargador de baterías de móvil cargando una batería de 3,7V con una carga inicial de 3,37V.

En todos los casos seguimos el mismo procedimiento:

Sobre el mismo montaje, y en colaboración con Alejandro Sánchez, compañero que realiza su trabajo fin de grado con el mismo prototipo, se graba un vídeo con los multímetros y el velocímetro de la bicicleta, puesto que la lectura en los multímetros es muy variable se decide tomar un dato cada 5 ó 10s, dependiendo del tamaño de la muestra⁸.

Debido a la gran dispersión de los datos de potencia obtenidos a lo largo de la toma, se decide calcular la potencia media cada 15 ó 30s, dependiendo de la frecuencia de muestreo utilizada, y eliminar los datos claramente erróneos, de esta forma minimizamos los errores experimentales obtenidos.

Para medir la evolución del estado de carga de la batería a lo largo del experimento se dejó de pedalear cada cinco minutos, esperando hasta que la medida de voltaje de la batería se estabilizara. De esta forma conocemos el estado de carga de la batería a lo largo del experimento.

Dividiendo nuestro sistema en sus correspondientes elementos podemos calcular la potencia ejercida por el ciclista como

$$P_{ciclista} = \frac{P_{carga}}{\eta_{transmisión} \cdot \eta_{generador} \cdot \eta_{regulador}} = \frac{P_{generada}}{\eta_{transmisión} \cdot \eta_{generador}}$$

Siendo $P_{carga} = P_{generada} \cdot \eta_{regulador}$

Podemos estimar el rendimiento mecánico de la transmisión como $\eta_{transmisión} = 0,6$

Además podemos estudiar el comportamiento del generador en función de su velocidad

⁸ Las tablas de datos completas se encuentran en el Anexo VI

de giro. Puesto que tenemos un gran número de datos en un intervalo de velocidades reducido, ya que el ciclista apenas varía su velocidad a lo largo del experimento, este estudio se realizará calculando las medias a cada velocidad.

Con estos datos y la fórmula calculada en el capítulo 4 del rendimiento del generador en función de su velocidad de giro podemos obtener el rendimiento de éste a lo largo del experimento y así calcular la potencia ejercida por el ciclista.

$$P_{\text{ciclista}} = \frac{P_{\text{generada}}}{\eta_{\text{transmisión}} \cdot \eta_{\text{generador}}} = \frac{P_{\text{generada}}}{0,6 \cdot \eta_{\text{generador}}}$$

donde:

$$\eta_{\text{generador}} = \frac{P_{\text{elec gener}}}{P_{\text{mec gener}}} = \frac{V \cdot I}{0,212 \cdot I^2 + V \cdot I + 24,829}$$

donde V e I son la tensión y la corriente generadas en función de la velocidad del generador

Para calcular los rendimientos medios del sistema podemos calcularlos con la potencia media o con la energía total del sistema:

$$\eta_{\text{regulador}} = \frac{E_{\text{carga}}}{E_{\text{generada}}}$$

ó

$$\eta_{\text{regulador}} = \frac{P_{\text{carga}}}{P_{\text{generada}}}$$

Para calcular la energía en los distintos elementos del sistema, integraremos por aproximación numérica las curvas de potencia en función del tiempo:

$$E = \int P(t) dt \approx \sum \frac{P(t+\Delta t) + P(t)}{2} \cdot \Delta t$$

La diferencia en el resultado numérico al calcular el rendimiento medio con energías o con potencias medias es despreciable, menor del 0,01%, ya que la potencia es una función definida por puntos, por lo que a partir de este momento trabajaremos siempre con con rendimientos medios calculados con energías.

6.3.1 Batería de 12V y 7Ah con una carga inicial de 10V

El esquema eléctrico correspondiente en este caso es:

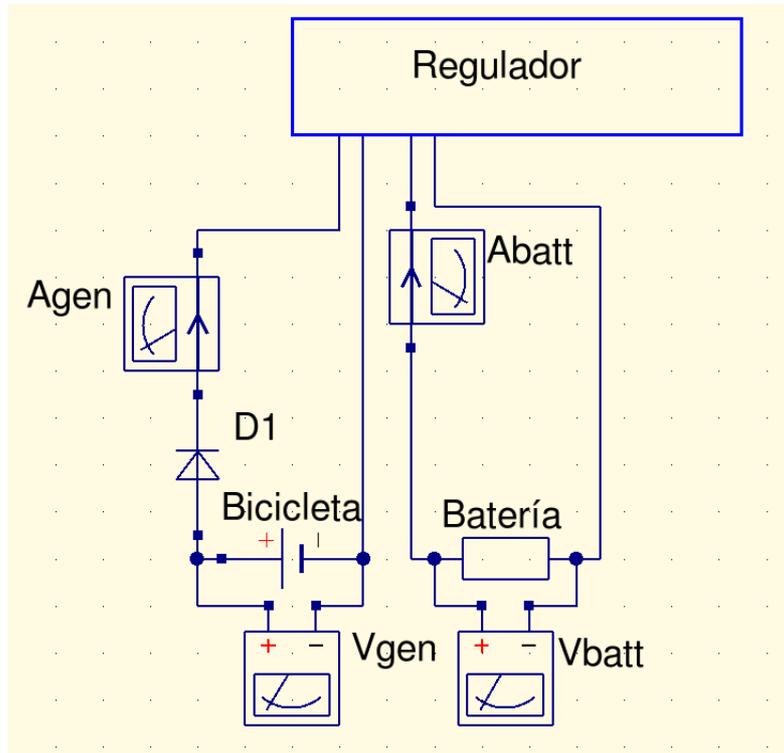


Figura 23: Esquema eléctrico de la carga de una batería mediante pedaleo

De donde medimos tanto la potencia eléctrica generada como la potencia de carga a la batería.

Para calcular el rendimiento del generador estudiamos su comportamiento tal y como hemos descrito, calculando por mínimos cuadrados las rectas de la tensión y la corriente generadas en función de la velocidad de giro:

6. Toma y Análisis de Datos

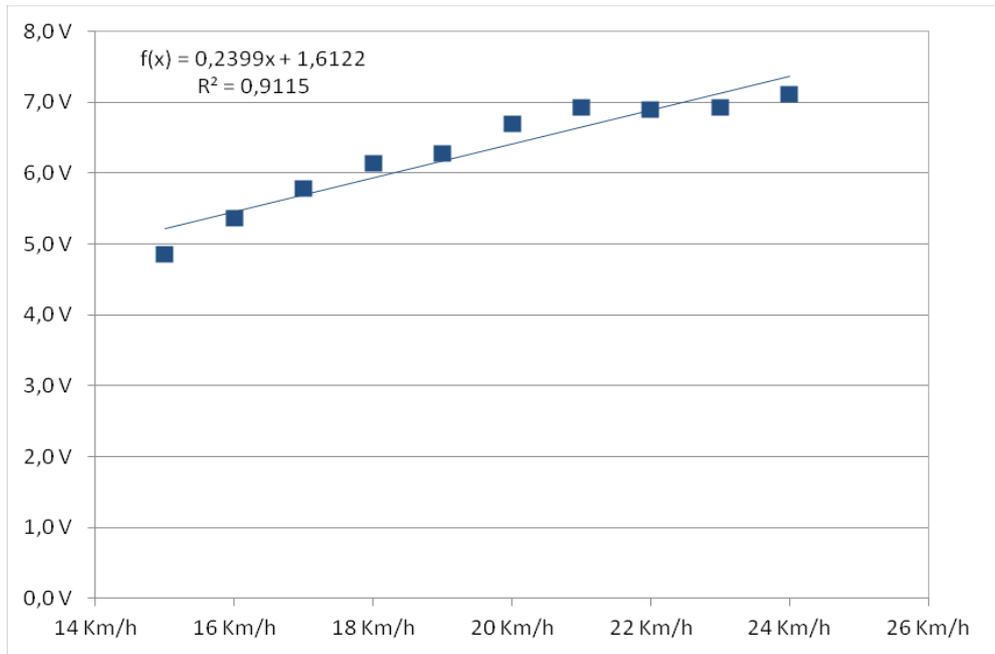


Figura 24: Tensión generada en función de la velocidad, en la carga de una batería descargada

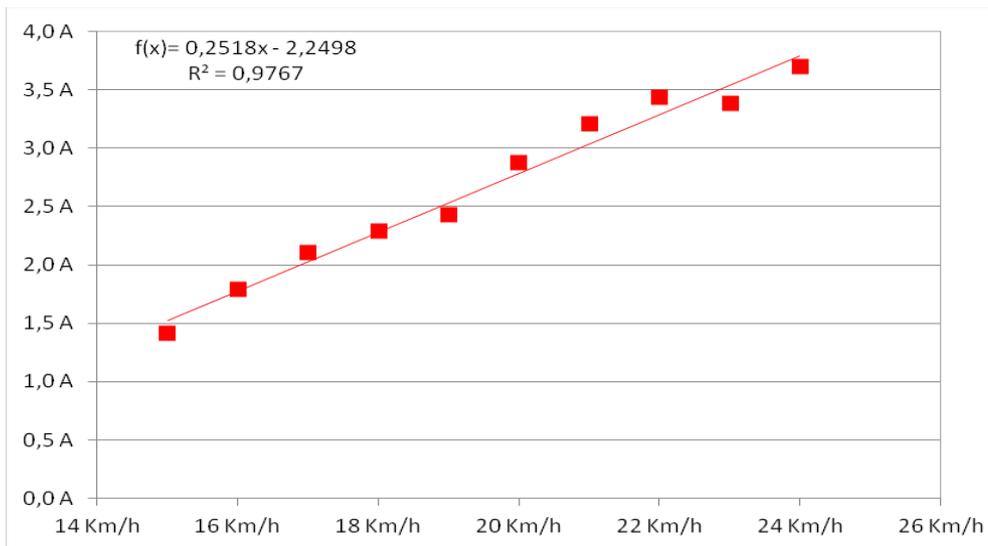


Figura 25: Corriente generada en función de la velocidad en la carga de una batería descargada

Si calculamos la tensión en función de la corriente generada podemos comprobar que estamos en la parte lineal del generador:

6. Toma y Análisis de Datos

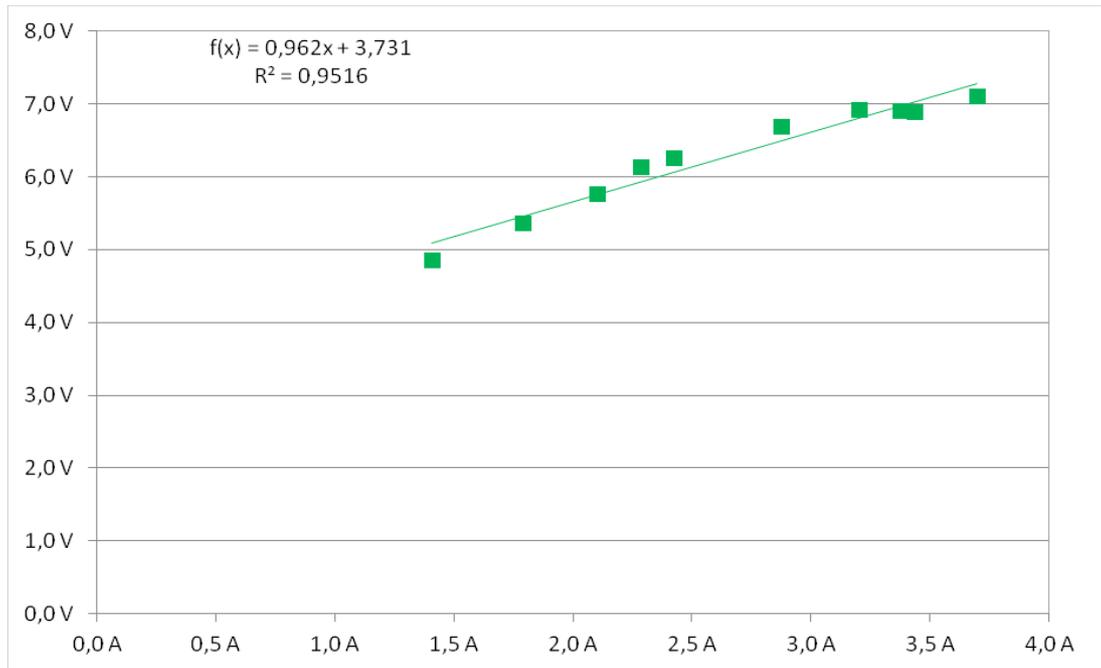


Figura 26: Curva Tensión - Corriente del generador en la carga de una batería

Calculamos su rendimiento en el rango de velocidades en el que trabajamos:

$$\left. \begin{aligned} \eta_{\text{generador}} &= \frac{V \cdot I}{0,212 \cdot I^2 + V \cdot I + 24,829} \\ V(v) &= 0,2399 \cdot v + 1,6122 \\ I(v) &= 0,2518 \cdot v + 2,25 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \eta_{\text{generador}} = \frac{0,060 \cdot v^2 + 0,946 \cdot v + 3,627}{0,0738 \cdot v^2 + 1,1859 \cdot v + 29,5297}$$

Y de esta forma podemos calcular la potencia mecánica en el eje del generador y estimar la desarrollada por el ciclista, que junto con las potencias generadas y de carga complementan la siguiente gráfica:

6. Toma y Análisis de Datos

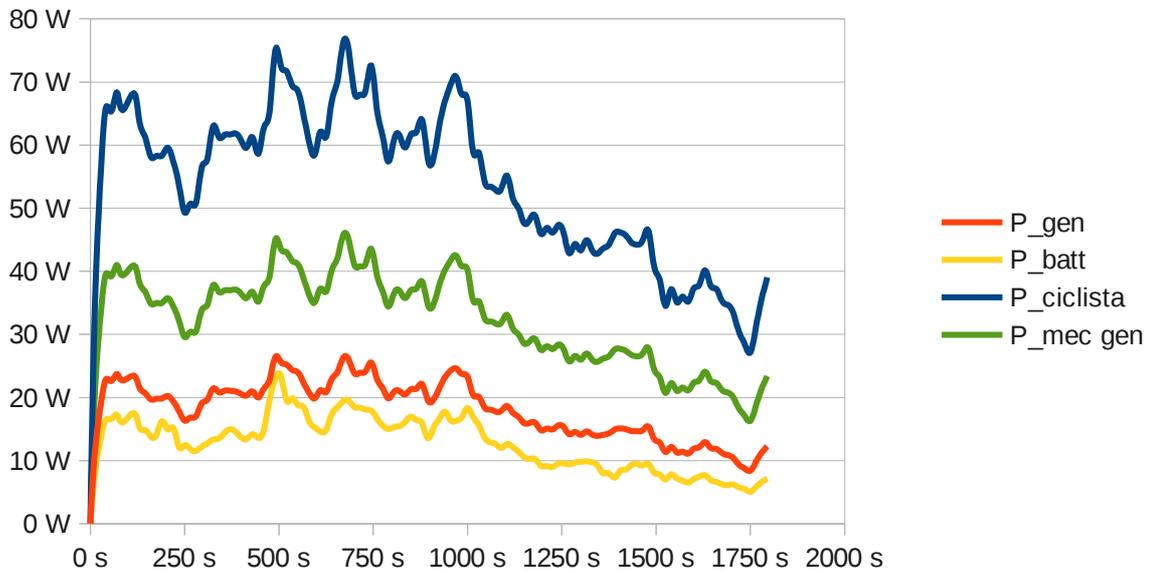


Figura 27: Potencias generadas durante la carga de una batería

Con esta gráfica se puede observar claramente el cansancio acumulado después de los 1.000 primeros segundos, llegando a bajar la potencia desarrollada hasta la mitad aproximadamente.

Aunque las potencias son variables en el tiempo, teniendo en cuenta la curva anterior y que por tanto ésta disminuye según avanza el tiempo el valor de potencia media es una variable importante para caracterizar nuestro sistema:

$\overline{P}_{ciclista} = 53,53 \text{ W}$
$\overline{P}_{mec\ gen} = 32,12 \text{ W}$
$\overline{P}_{elec\ gen} = 18,09 \text{ W}$
$\overline{P}_{carga} = 12,71 \text{ W}$

Integrando estas curvas de potencia obtenemos la energía en los distintos puntos del sistema:

$E_{ciclista} = 26,95 \text{ W} \cdot h$
$E_{mec\ gen} = 16,17 \text{ W} \cdot h$
$E_{elec\ gen} = 9,11 \text{ W} \cdot h$
$E_{carga} = 6,41 \text{ W} \cdot h$

6. Toma y Análisis de Datos

Analicemos las pérdidas en el sistema a lo largo del experimento graficando los rendimientos a lo largo del mismo:

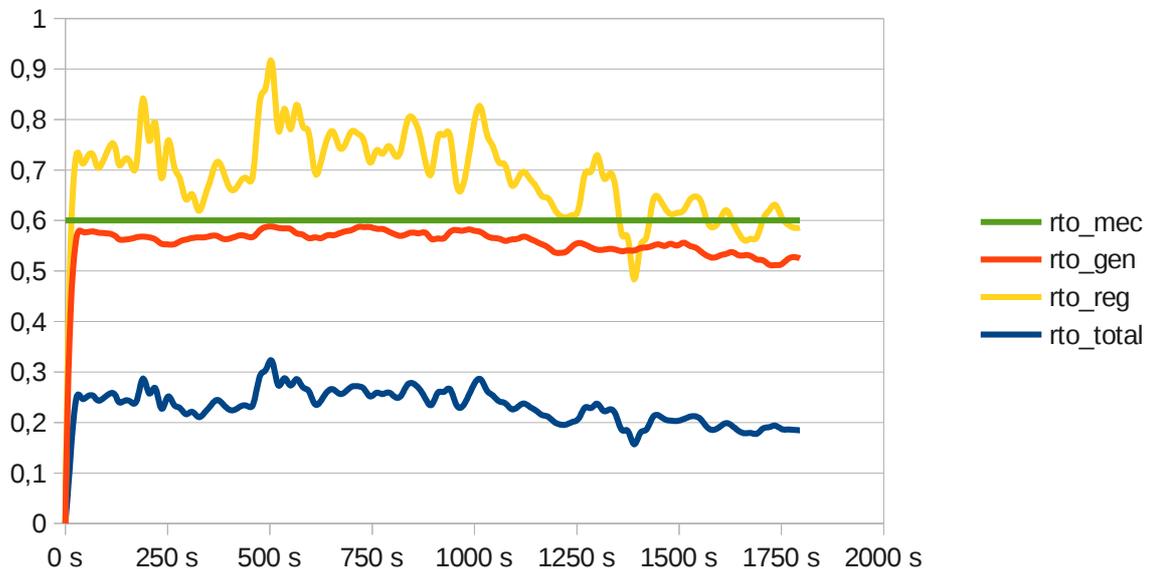


Figura 28: Rendimientos durante la carga de una batería mediante pedaleo.

Nos encontramos con un rendimiento del generador bastante alto, sin embargo el funcionamiento del regulador no es el esperado.

Aunque el regulador no tiene un rendimiento muy inferior al esperado en un regulador de un aerogenerador sí se observa un funcionamiento incorrecto de éste: los indicadores leds, que deben indicar el estado de carga de la batería, no muestran ninguna combinación de luces reflejada en el manual; por otro lado no debería empezar a generar corriente hasta que la tensión generada superase la de la batería.

Con este funcionamiento incorrecto la tensión de salida del regulador es mayor que la tensión en bornes del generador y que la de la batería, lo que supone que podamos cargar la batería generando una tensión en el generador menor que la de la batería. Debido a la baja tensión generada, la corriente en el generador es alta, lo que supone un alto par resistivo, que para nuestro funcionamiento es beneficioso, pues somos capaces de extraer más potencia eléctrica del ciclista, no obstante este funcionamiento no es apropiado para un aerogenerador como para el que está diseñado que funcione: este tipo de aerogenerador tiene una turbina pequeña de seis álabes que gira rápido, por lo que una corriente demasiado alta a bajas velocidades de viento (baja tensión) la

6. Toma y Análisis de Datos

frenaría de tal manera que llegaría a generar menos potencia.

Calculando los rendimientos medios obtenemos:

$\eta_{\text{regulador}} = \frac{E_{\text{batt}}}{E_{\text{elec gen}}} = 70,3\%$
$\eta_{\text{generador}} = \frac{E_{\text{mec gen}}}{E_{\text{elec gen}}} = 56,4\%$
$\eta_{\text{mecánico}} = \frac{E_{\text{mec gen}}}{E_{\text{ciclista}}} \approx 60\%$
$\eta_{\text{total}} = \frac{E_{\text{batt}}}{E_{\text{ciclista}}} = \eta_{\text{regulador}} \cdot \eta_{\text{generador}} \cdot \eta_{\text{mecánico}} = 23,7\%$

Finalmente estudiamos la evolución del estado de carga de la batería, correspondiente a la siguiente gráfica:

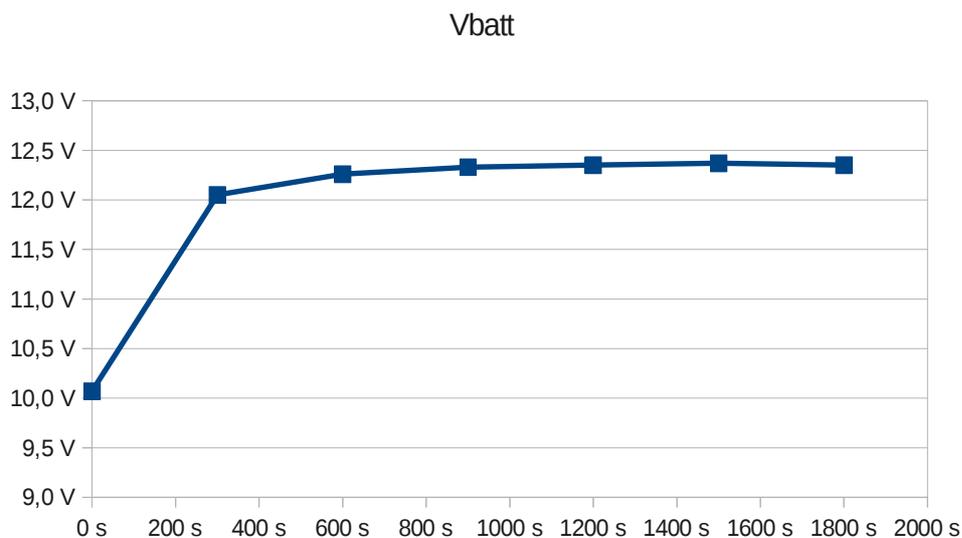


Figura 29: Curva de carga de una batería mediante pedaleo.

Curva estándar de carga de una batería, al principio sube rápidamente pero alcanzar el 100% de carga conlleva mucho más tiempo. Este hecho se ve acentuado en nuestro caso, pues la potencia a la que se carga la batería disminuye considerablemente después de los 1.000s.

6.3.2 Dos baterías de 12V y 9Ah conectadas en serie con 15V en total

En este caso el esquema eléctrico del montaje corresponde al siguiente:

6. Toma y Análisis de Datos

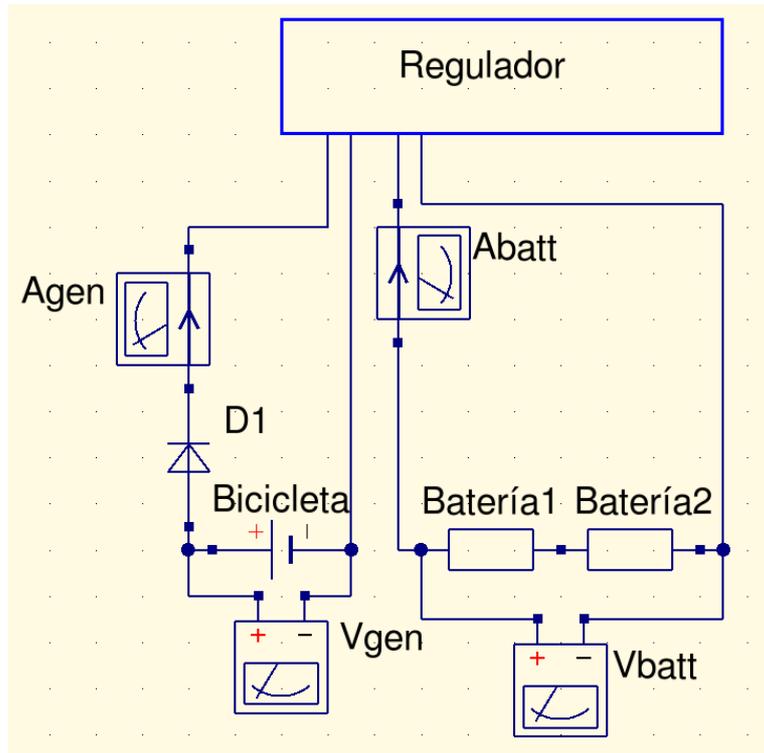


Figura 30: Esquema eléctrico de la carga de dos baterías en serie mediante pedaleo.

En el que medimos tanto la potencia eléctrica generada como la potencia de carga al banco de baterías, midiendo la tensión total de éstas.

Siguiendo el mismo procedimiento que en el caso anterior calculamos el rendimiento del generador mediante las curvas de generación de tensión y de corriente:

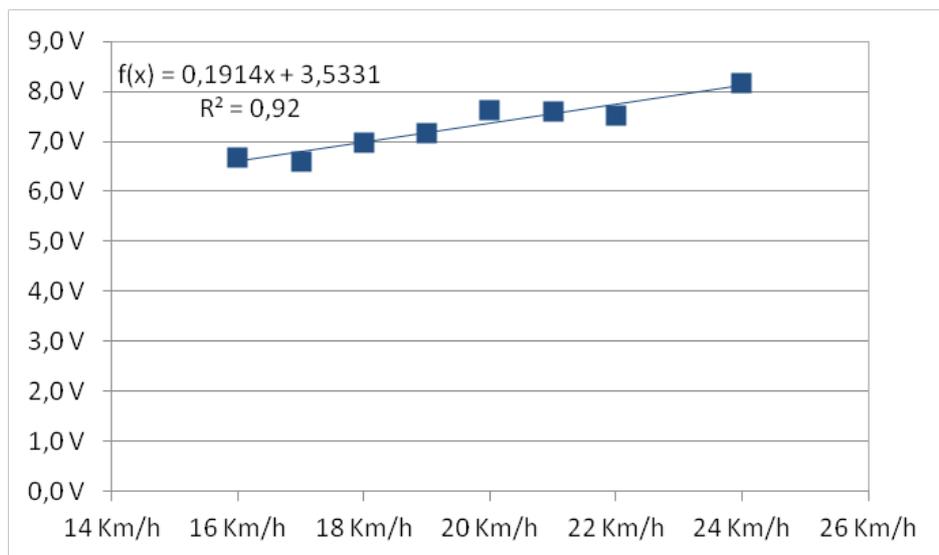


Figura 31: Tensión generada en función de la velocidad, en la carga de dos baterías en serie

6. Toma y Análisis de Datos

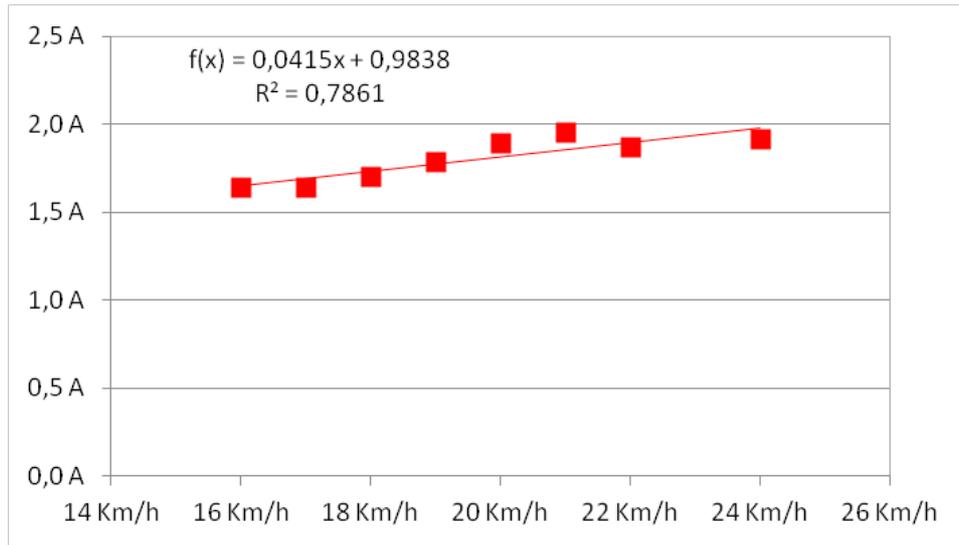


Figura 32: Corriente generada en función de la velocidad, en la carga de dos baterías en serie

Comprobamos que seguimos encontrándonos en la zona lineal calculando la tensión en función de la corriente:

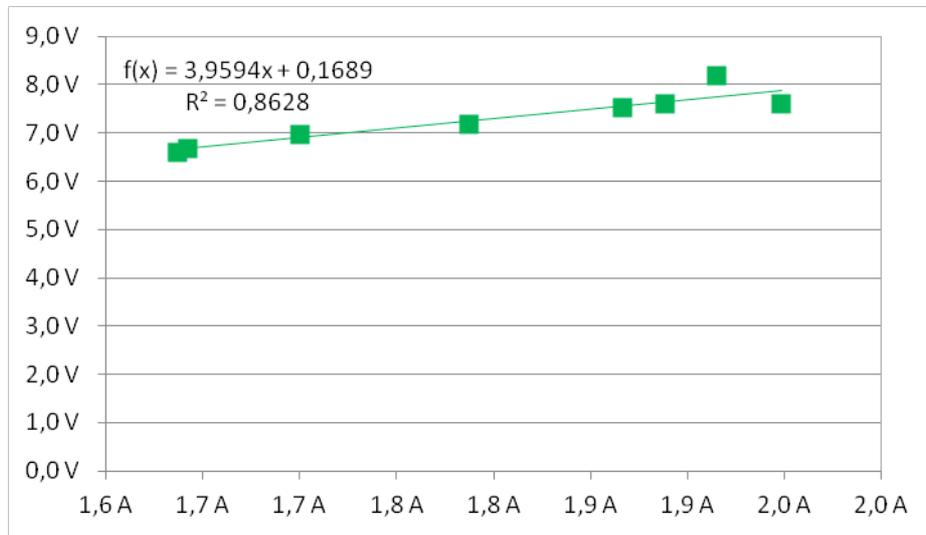


Figura 33: Curva Tensión - Corriente del generador en la carga de dos baterías

Con las rectas obtenidas calculamos el rendimiento del generador:

$$\left. \begin{aligned} \eta_{\text{generador}} &= \frac{V \cdot I}{0,212 \cdot I^2 + V \cdot I + 24,829} \\ V(v) &= 0,1914 \cdot v + 3,5331 \\ I(v) &= 0,0415 \cdot v + 0,9838 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \eta_{\text{generador}} = \frac{0,0079 \cdot v^2 + 0,3349 \cdot v + 3,4759}{0,0083 \cdot v^2 + 0,3522 \cdot v + 28,5101}$$

6. Toma y Análisis de Datos

Con el que calculamos la potencia mecánica de entrada al generador y con ella estimamos la potencia desarrollada por el ciclista a lo largo del experimento. En este caso durante un cuarto de hora en lugar de media hora debido a una avería mecánica en la transmisión entre la bicicleta y el generador:

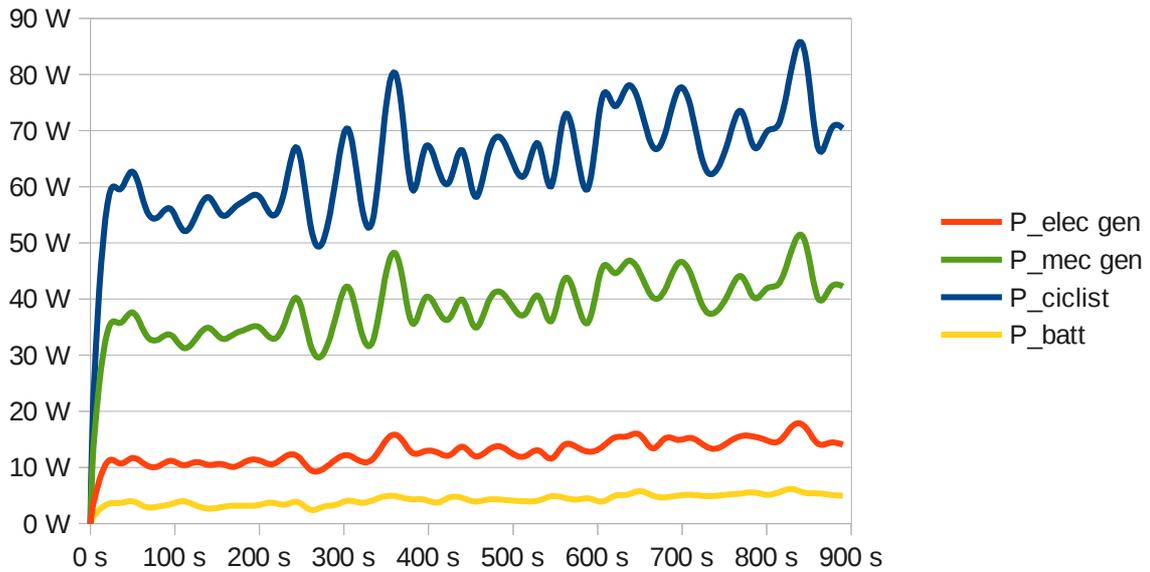


Figura 34: Potencias generadas durante la carga de dos baterías en serie

Calculamos las potencias medias:

$\overline{P}_{ciclista} = 63,15 \text{ W}$
$\overline{P}_{mec\ gen} = 37,89 \text{ W}$
$\overline{P}_{elec\ gen} = 12,57 \text{ W}$
$\overline{P}_{carga} = 4,17 \text{ W}$

Integrando las curvas de potencia obtenemos la energía desarrollada a lo largo del experimento en los distintos puntos del sistema:

$E_{ciclista} = 15,87 \text{ W} \cdot h$
$E_{mec\ gen} = 9,52 \text{ W} \cdot h$
$E_{elec\ gen} = 3,16 \text{ W} \cdot h$
$E_{carga} = 1,05 \text{ W} \cdot h$

6. Toma y Análisis de Datos

Analizamos las pérdidas en el sistema a lo largo del experimento graficando los rendimientos a lo largo del mismo:

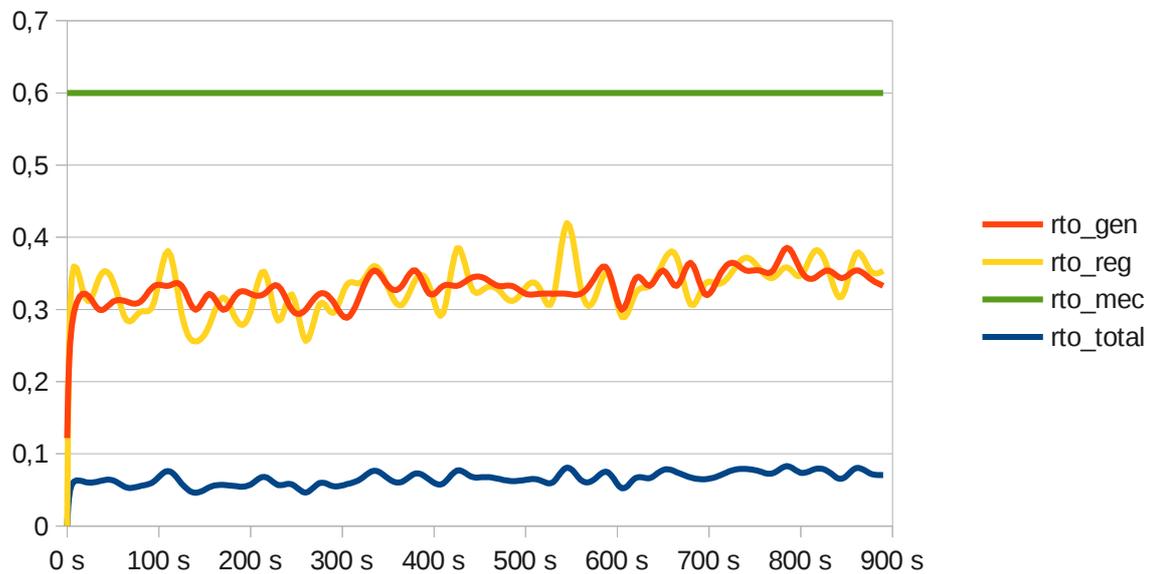


Figura 35: Rendimientos durante la carga de dos baterías en serie

Observamos en esta gráfica una disminución del rendimiento del regulador respecto al anterior caso, debido al funcionamiento errático y su bajo rendimiento concluimos que se ha producido alguna avería en éste.

El regulador funciona tanto a 12V como a 24V de selección de tensión de salida, es decir, del banco de baterías, esta selección es automática. En este caso hemos cargado dos baterías de 12V, que inicialmente estaban muy descargadas, si el regulador hubiera seleccionado la tensión de manera errónea éste podría estar disipando potencia en la resistencia interna que dispone para evitar la sobrecarga de la batería, haciendo que el rendimiento del mismo cayera. Para descartar que el regulador hubiera seleccionado erróneamente 12V como tensión de trabajo, tras arreglar la avería mecánica, lo desconectamos y reconectamos con una tensión en el banco de baterías en torno a 20V, el funcionamiento del regulador es similar, por lo que se decide comprar uno nuevo.

Calculando los rendimientos medios obtenemos:

6. Toma y Análisis de Datos

$\eta_{regulador} = \frac{E_{batt}}{E_{elec\ gen}} = 33,12\%$
$\eta_{generador} = \frac{E_{mec\ gen}}{E_{elec\ gen}} = 33,20\%$
$\eta_{mecánico} = \frac{E_{mec\ gen}}{E_{ciclista}} \approx 60\%$
$\eta_{total} = \frac{E_{batt}}{E_{ciclista}} = \eta_{regulador} \cdot \eta_{generador} \cdot \eta_{mecánico} = 6,60\%$

Finalmente estudiamos la evolución del estado de carga de la batería, correspondiente a la siguiente gráfica:

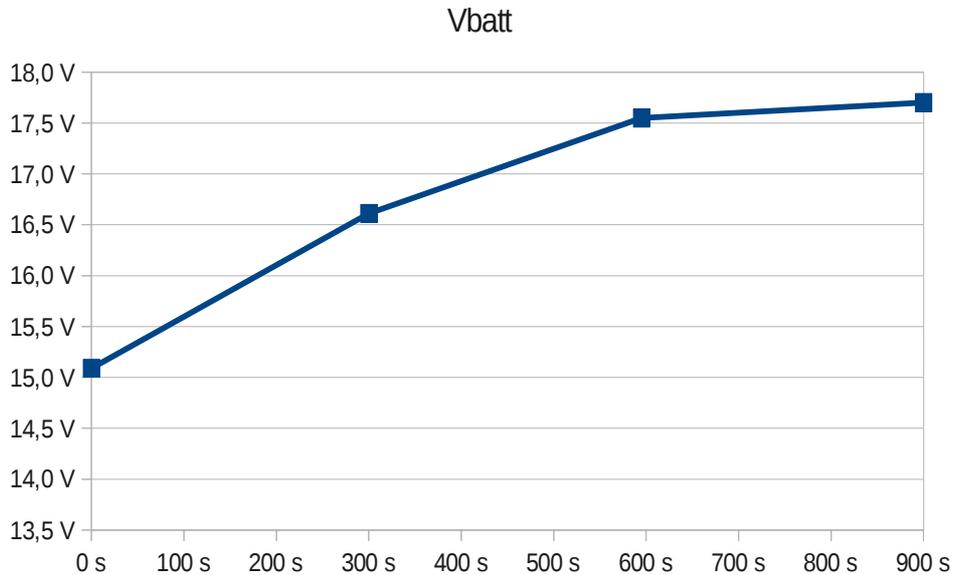


Figura 36: Curva de carga de dos baterías en serie mediante pedaleo

La cual corresponde a una evolución estándar de carga incompleta de un banco de baterías.

6.3.3 Una batería de 12V y 7Ah con dos resistencias conectadas en paralelo entre sí, cada una de 4,7Ω. Con una tensión inicial de 12,3V

Tras la instalación de un nuevo regulador del mismo modelo procedemos a conectar dos resistencias de 4,7 Ω cada una, conectadas en paralelo, que simulan una carga resistiva cualquiera. En este caso el esquema eléctrico corresponde a:

6. Toma y Análisis de Datos

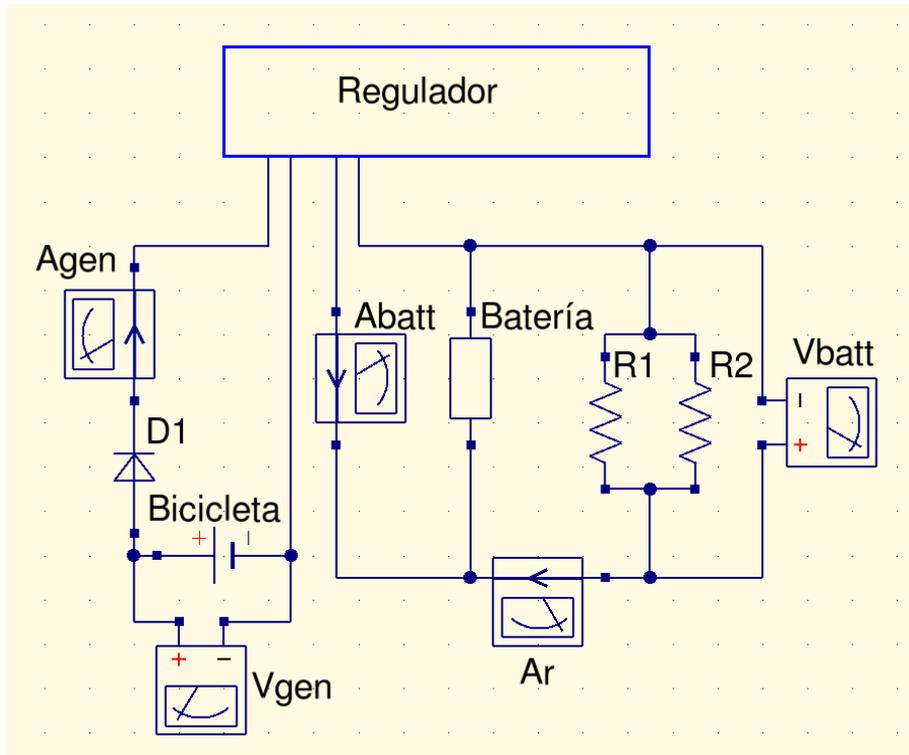


Figura 37: Esquema eléctrico de la carga de una batería con dos resistencias conectadas en paralelo

Como puede observarse medimos la potencia generada, la de carga de la batería y la consumida por las resistencias.

Estudiamos primeramente el comportamiento del generador en este caso:

6. Toma y Análisis de Datos

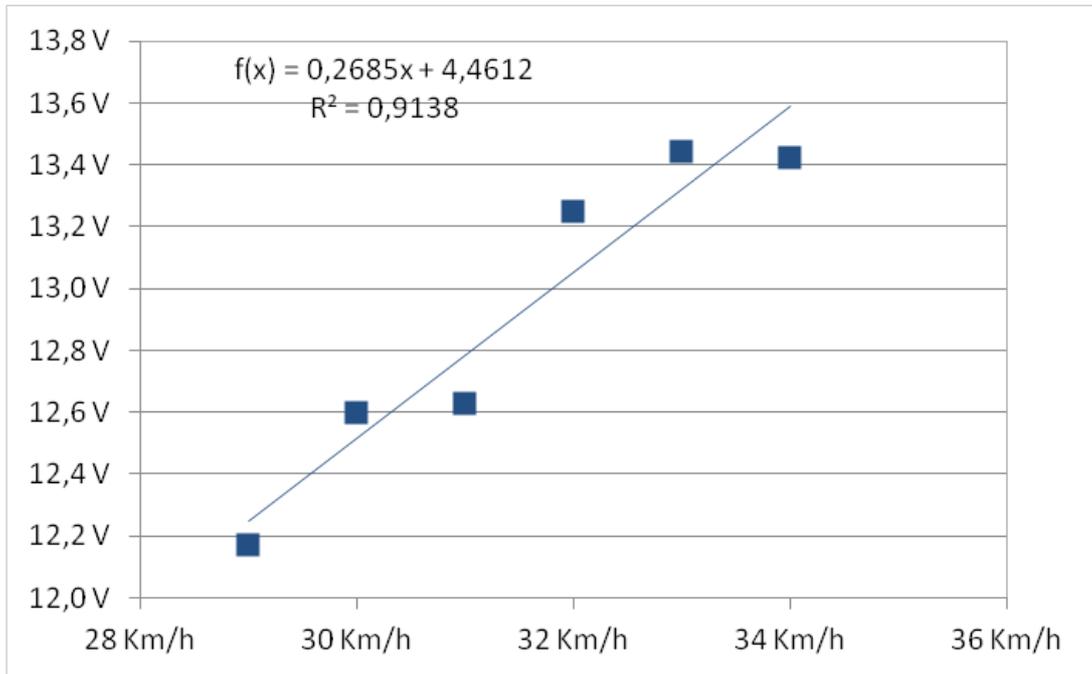


Figura 38: Tensión generada en función de la velocidad, en la carga de una batería con dos resistencias

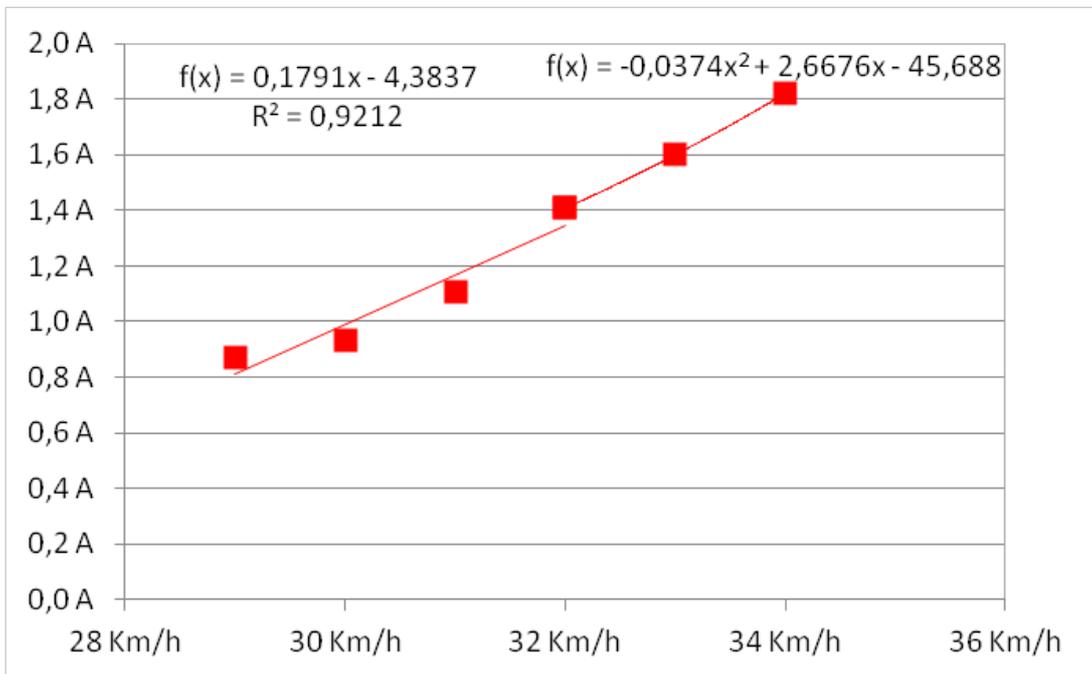


Figura 39: Corriente generada en función de la velocidad, en la carga de una batería con dos resistencias

La corriente generada se ha ajustado según un polinomio de segundo grado a partir de los 32 km/h debido a que el generador empieza a saturarse y sale de la zona lineal, se puede observar mejor en la siguiente gráfica tensión - corriente:

6. Toma y Análisis de Datos

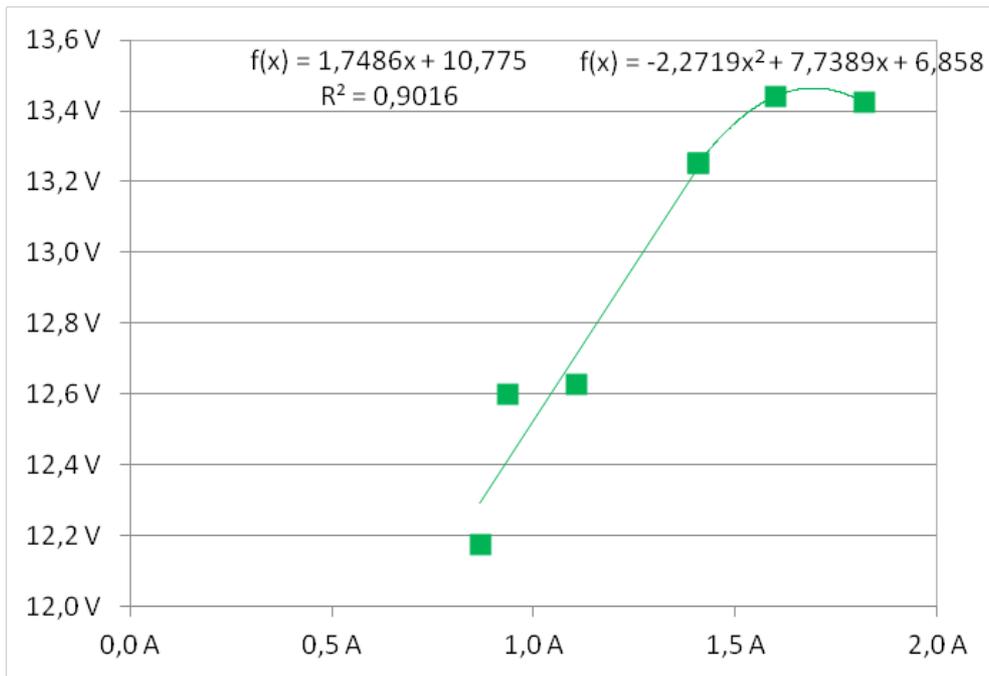


Figura 40: Curva tensión - Corriente del generador en la carga de una batería con consumo

Obteniendo el rendimiento del generador en función de la velocidad según las regresiones calculadas, en dos tramos:

$$\eta_{\text{generador}} = \frac{V \cdot I}{0,212 \cdot I^2 + V \cdot I + 24,829} \Rightarrow \begin{cases} \text{si } v < 32 \text{ km/h} \Rightarrow I(v) = 0,1791 \cdot v - 4,3837 \\ \text{si } v > 32 \text{ km/h} \Rightarrow I(v) = -0,0374 \cdot v^2 + 2,6676 \cdot v - 45,688 \end{cases} \Rightarrow$$

$$V(v) = 0,2685 \cdot v + 4,4612$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \eta_{\text{generador}} = \frac{0,048 \cdot v^2 - 0,3780 \cdot v - 19,5566}{0,0549 \cdot v^2 - 0,711 \cdot v + 9,3464} \\ \eta_{\text{generador}} = \frac{-0,01 \cdot v^3 + 0,5495 \cdot v^2 - 0,3665 \cdot v - 203,823}{0,0003 \cdot v^4 - 0,0523 \cdot v^3 + 2,7825 \cdot v^2 - 52,0425 \cdot v + 263,533} \end{cases}$$

Dibujamos la gráfica de las potencias a lo largo del tiempo:

6. Toma y Análisis de Datos

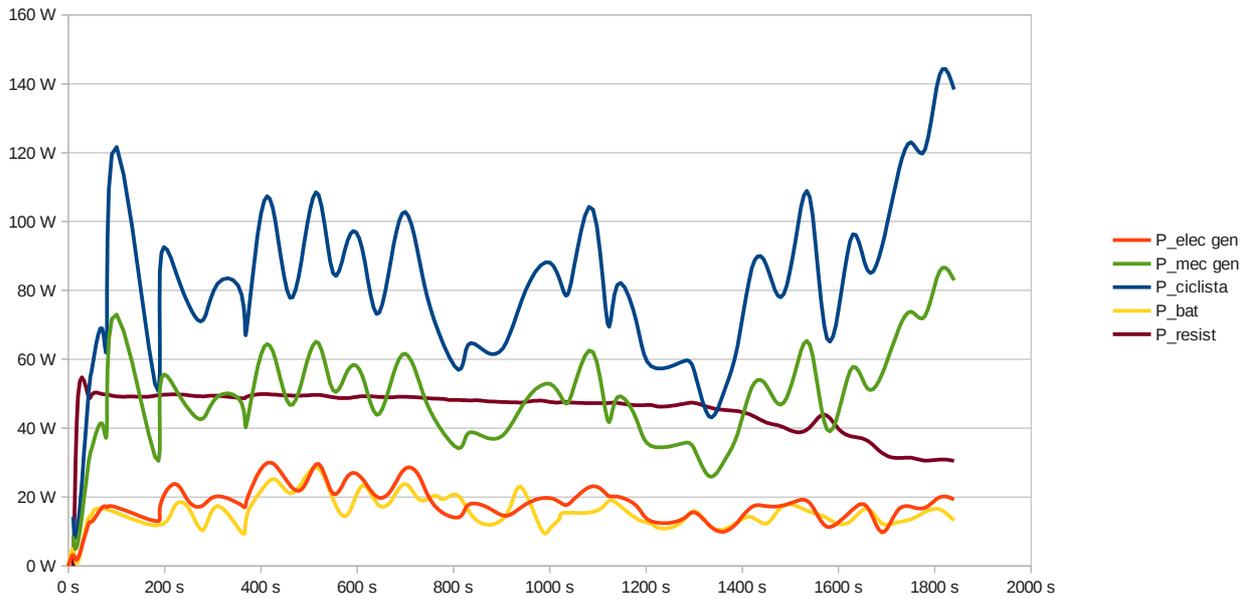


Figura 41: Potencias generadas durante la carga de una batería con dos resistencias en paralelo como consumo

Calculamos las potencias medias:

$\overline{P}_{ciclista} = 80,61 \text{ W}$
$\overline{P}_{mec\ gen} = 48,36 \text{ W}$
$\overline{P}_{elec\ gen} = 17,56 \text{ W}$
$\overline{P}_{carga} = 15,38 \text{ W}$
$\overline{P}_{consumo} = 44,54 \text{ W}$

Integrando las curvas de potencia obtenemos la energía desarrollada a lo largo del experimento en los distintos puntos del sistema:

$E_{ciclista} = 42,01 \text{ W} \cdot h$
$E_{mec\ gen} = 25,18 \text{ W} \cdot h$
$E_{elec\ gen} = 9,22 \text{ W} \cdot h$
$E_{carga} = 8,08 \text{ W} \cdot h$
$E_{consumo} = 23,11 \text{ W} \cdot h$

Analizamos las pérdidas en el sistema a lo largo del experimento graficando los rendimientos a lo largo del mismo:

6. Toma y Análisis de Datos

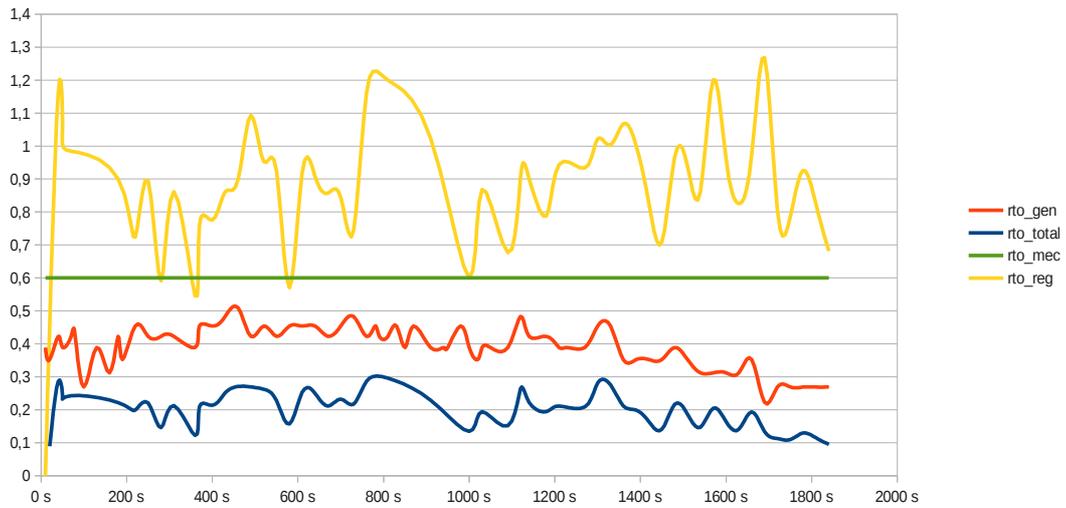


Figura 42: Rendimientos durante la carga de una batería con dos resistencias en paralelo como consumo

En esta gráfica podemos observar algún dato espurio en el que el rendimiento del regulador es claramente superior o inferior al resto, esto se debe a que dicho rendimiento se calcula dividiendo las potencias instantáneas generada y de carga a la batería. Puede observarse en la gráfica correspondiente a la Figura 41 que un rendimiento del regulador superior a la unidad corresponde a una potencia de carga superior a la generada. Si no tenemos en cuenta estos puntos obtenemos la siguiente gráfica:

6. Toma y Análisis de Datos

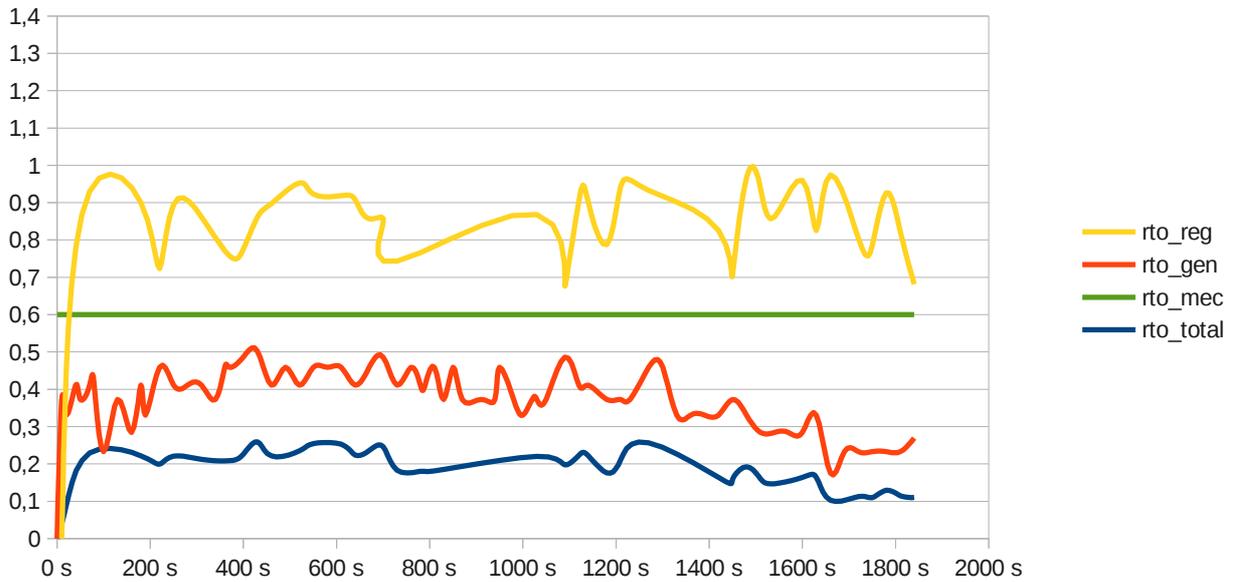


Figura 43: Rendimientos durante la carga de una batería con dos resistencias en paralelo como consumo

Calculando los rendimientos medios a partir de la energía producida obtenemos:

$\eta_{\text{regulador}} = \frac{E_{\text{batt}}}{E_{\text{elec gen}}} = 87,63\%$
$\eta_{\text{generador}} = \frac{E_{\text{mec gen}}}{E_{\text{elec gen}}} = 36,61\%$
$\eta_{\text{mecánico}} = \frac{E_{\text{mec gen}}}{E_{\text{ciclista}}} \approx 60\%$
$\eta_{\text{total}} = \frac{E_{\text{batt}}}{E_{\text{ciclista}}} = \eta_{\text{regulador}} \cdot \eta_{\text{generador}} \cdot \eta_{\text{mecánico}} = 19,25\%$

Finalmente estudiamos la evolución del estado de carga de la batería, correspondiente a la siguiente gráfica:

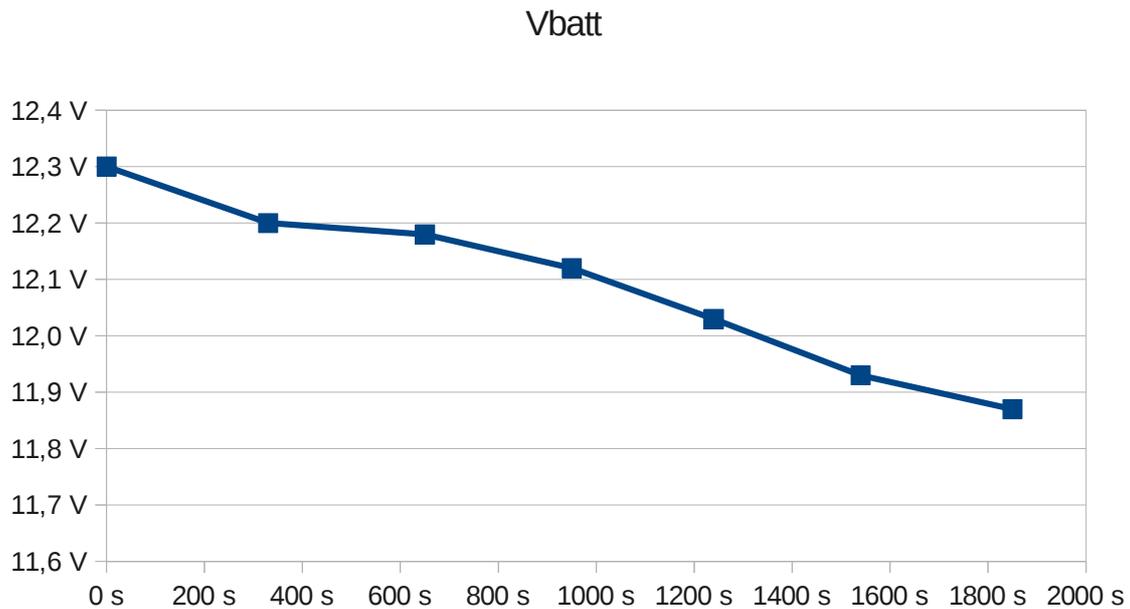


Figura 44: Curva de carga de una batería mediante pedaleo con dos resistencias conectadas

La potencia de consumo es mayor que la de carga, por ello la batería se va descargando poco a poco. En la gráfica de la figura 41, podemos observar una caída en la potencia consumida al final del experimento, esto es debido a la descarga de la batería observada en esta gráfica.

6.3.4 Una batería de 12V y 7Ah con una tensión inicial de 12,12V conectada a un cargador de baterías de móvil cargando una batería de 3,7V con una carga inicial de 3,37V.

En este caso conectamos como consumo de nuestra batería principal una batería de móvil. Esta conexión la realizamos mediante el cargador de coche Rotronic, explicado en el capítulo 4.

Realizando el siguiente montaje podemos medir la potencia generada y con ella caracterizar el funcionamiento del generador en este caso, y la potencia de entrada y de salida al cargador de móvil y con ello medir su rendimiento y la potencia consumida por la carga de la batería de móvil. No medimos la potencia de carga a la batería principal por no tener suficientes multímetros, sin embargo ésta la estimaremos gracias al rendimiento del regulador calculado en el apartado anterior.

6. Toma y Análisis de Datos

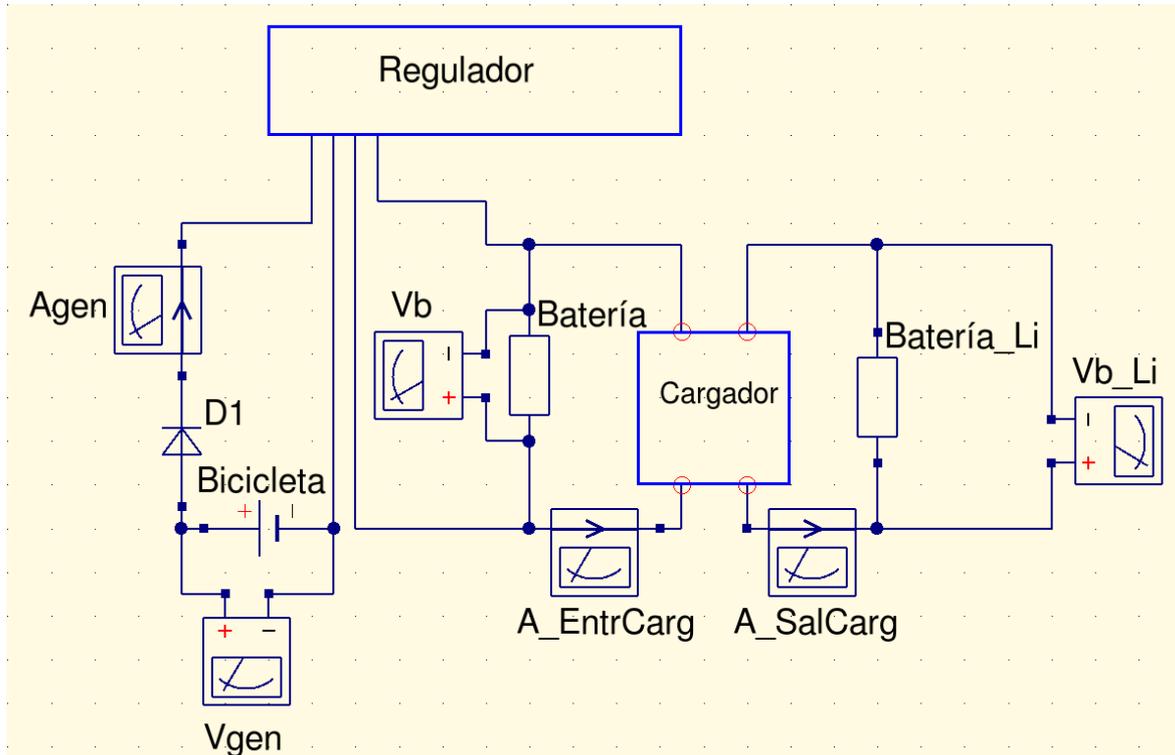


Figura 45: Esquema eléctrico de la carga de una batería de móvil mediante pedaleo

En este caso las curvas de generación de potencia corresponden a:

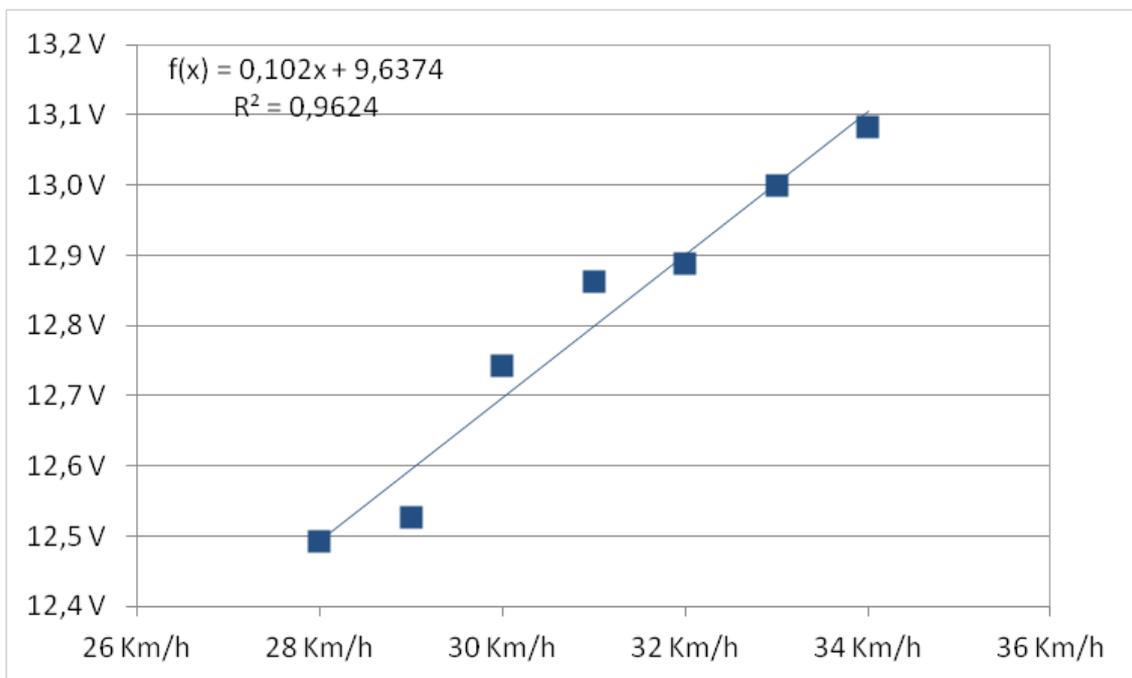


Figura 46: Tensión generada en función de la velocidad, en la carga de una batería de móvil

6. Toma y Análisis de Datos

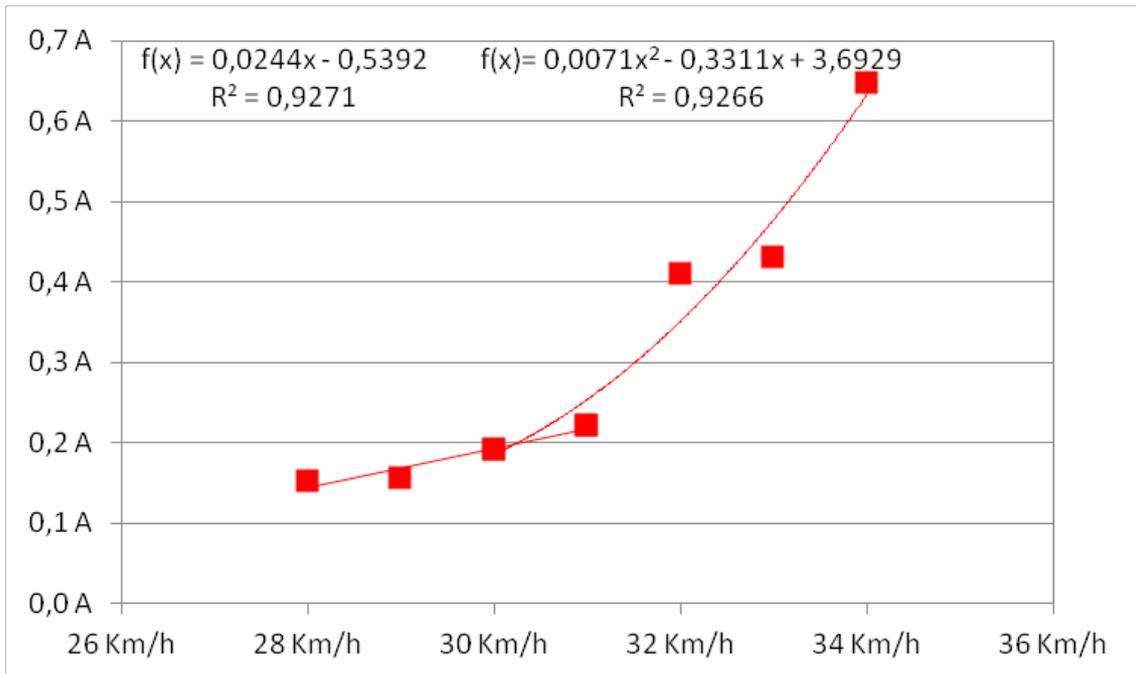


Figura 47: Corriente generada en función de la velocidad, en la carga de una batería de móvil

Si calculamos la tensión en función de la corriente se puede ver, también en este caso, que el generador entra en la zona de saturación, dejando de ser lineal la siguiente gráfica:

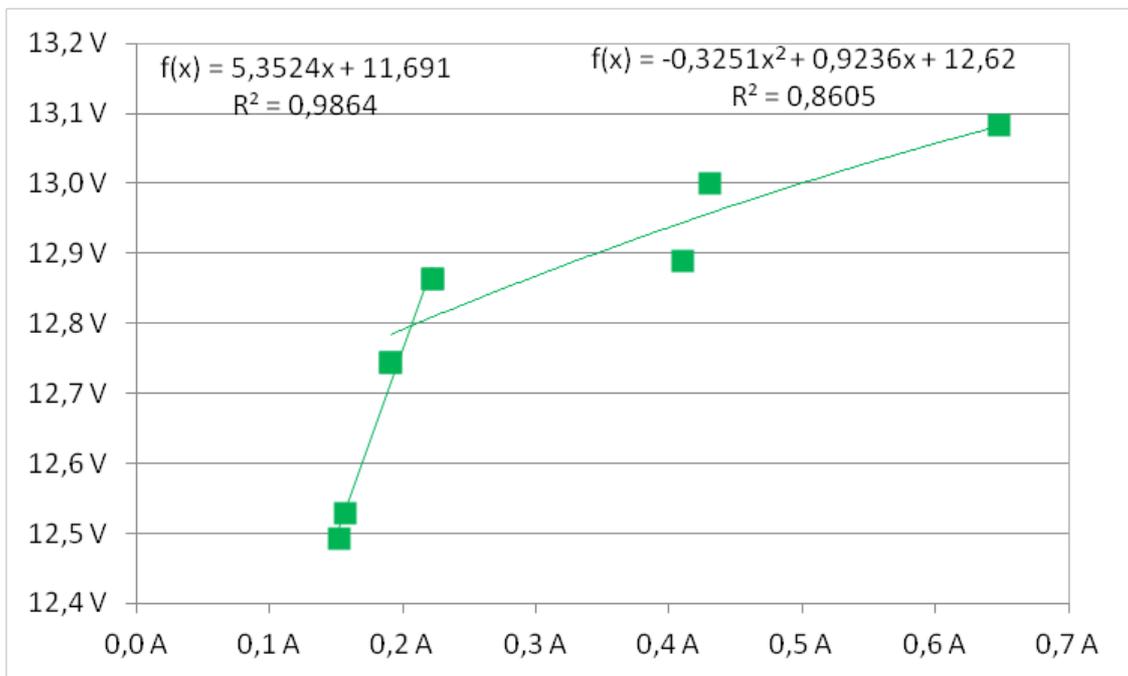


Figura 48: Curva Tensión- Corriente del generador en la carga de una batería de móvil

6. Toma y Análisis de Datos

Calculamos el rendimiento del generador en función de su velocidad:

$$\eta_{\text{generador}} = \frac{V \cdot I}{0,212 \cdot I^2 + V \cdot I + 24,829} \Rightarrow \begin{cases} \text{si } v < 31 \text{ km/h} \Rightarrow I(v) = 0,0244 \cdot v - 0,5392 \\ \text{si } v > 31 \text{ km/h} \Rightarrow I(v) = 0,0071 \cdot v^2 - 0,3311 \cdot v + 3,6929 \end{cases} \Rightarrow$$

$$V(v) = 0,102 \cdot v + 9,6374$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \eta_{\text{generador}} = \frac{0,0025 \cdot v^2 - 0,1802 \cdot v - 5,1965}{0,0026 \cdot v^2 + 0,1746 \cdot v + 19,6942} \\ \eta_{\text{generador}} = \frac{-0,0007 \cdot v^3 + 0,0347 \cdot v^2 - 2,1814 \cdot v + 35,5900}{0,00001 \cdot v^4 - 0,0003 \cdot v^3 + 0,069 \cdot v^2 - 3,3327 \cdot v + 63,31} \end{cases}$$

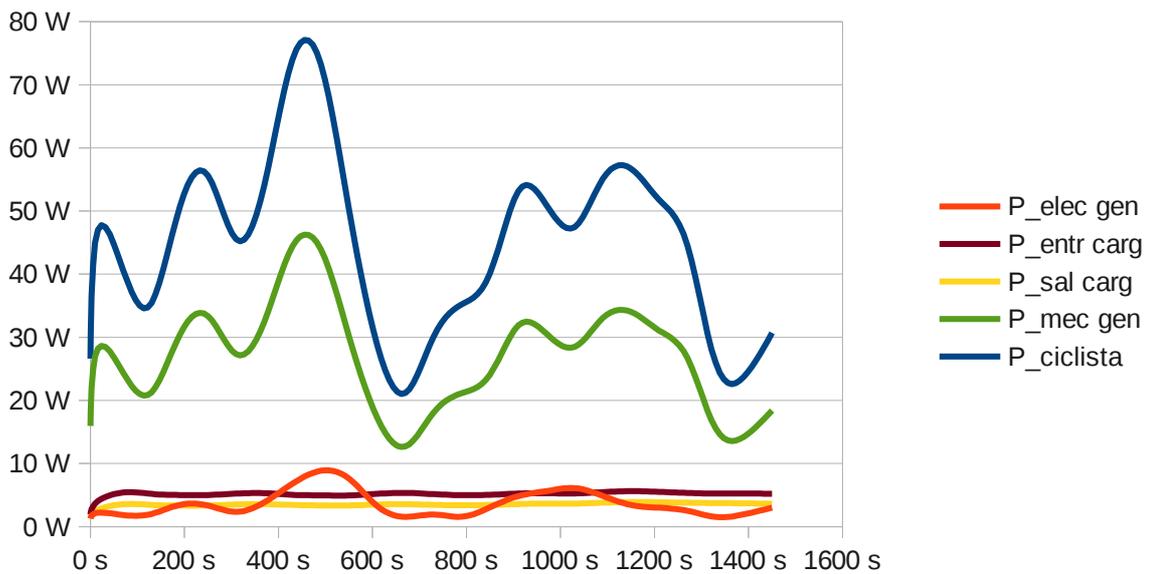


Figura 49: Potencias desarrolladas durante la carga de una batería de móvil mediante pedaleo

Calculamos las potencias medias desarrolladas a lo largo de la toma de datos:

$\overline{P}_{\text{ciclista}} = 43,06 \text{ W}$
$\overline{P}_{\text{mec gen}} = 25,84 \text{ W}$
$\overline{P}_{\text{elec gen}} = 3,47 \text{ W}$
$\overline{P}_{\text{entrada cargador}} = 4,95 \text{ W}$
$\overline{P}_{\text{salida cargador}} = 3,38 \text{ W}$

6. Toma y Análisis de Datos

Integrando las curvas de potencia obtenemos la energía desarrollada a lo largo del experimento en los distintos puntos del sistema:

$E_{ciclista} = 18,09 W \cdot h$
$E_{mec\ gen} = 10,85 W \cdot h$
$E_{elec\ gen} = 1,47 W \cdot h$
$E_{entrada\ cargador} = 2,08 W \cdot h$
$E_{salida\ cargador} = 1,42 W \cdot h$

Analizamos las pérdidas en el sistema a lo largo del experimento graficando los rendimientos. En este caso nos centramos en el cargador de batería de móvil, en lugar de en el regulador, ya estudiado en el anterior caso, por lo que la gráfica de rendimientos queda como sigue:

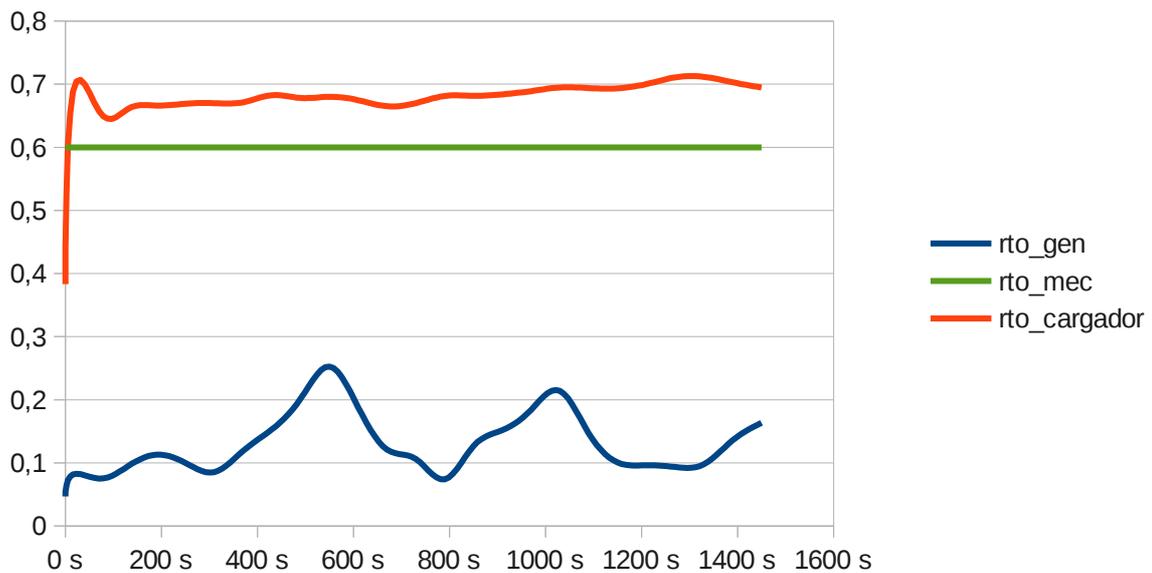


Figura 50: Rendimientos durante la carga de una batería de móvil mediante pedaleo

Calculando los rendimientos medios:

$\eta_{cargador} = \frac{E_{sal\ carg}}{E_{entr\ car}} = 68,21 \%$
$\eta_{generador} = \frac{E_{mec\ gen}}{E_{elec\ gen}} = 13,5 \%$

6. Toma y Análisis de Datos

$$\eta_{mecánico} = \frac{E_{mec\ gen}}{E_{ciclista}} \approx 60\%$$

La tensión de la batería principal a lo largo de la carga es:

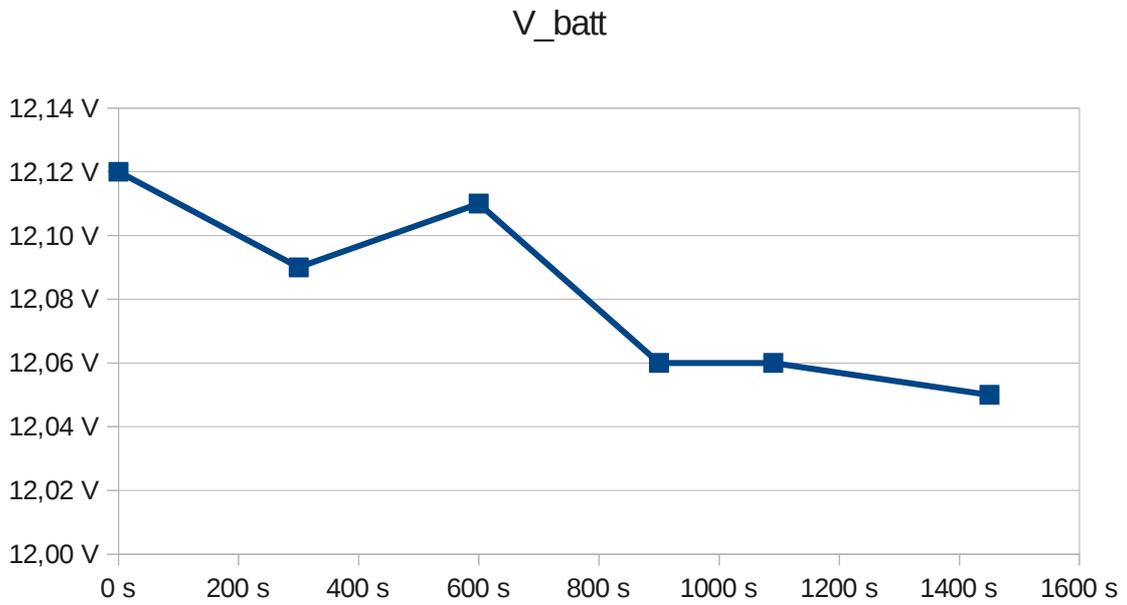


Figura 51: Curva de carga de la batería principal durante la carga de una batería de móvil

Para poder entender este comportamiento de la batería debemos fijarnos en las potencias eléctricas a lo largo de la toma de datos:

6. Toma y Análisis de Datos

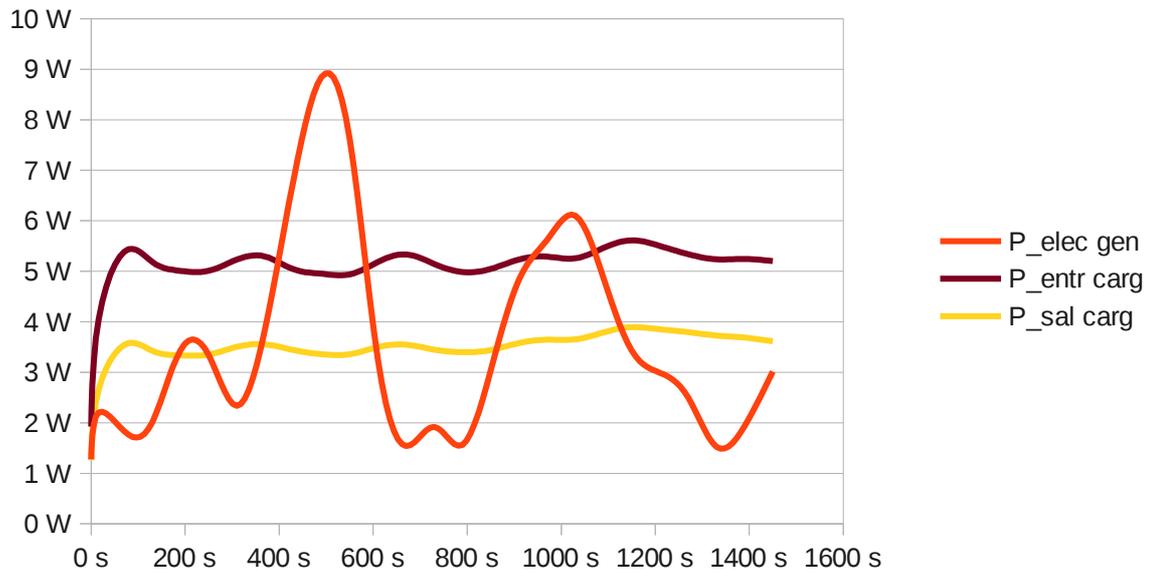


Figura 52: Potencias eléctricas desarrolladas durante la carga de una batería de móvil mediante pedaleo

Podemos observar en esta gráfica que la potencia consumida en la carga de la batería del móvil es prácticamente constante a lo largo del tiempo, tiene muy pocas oscilaciones, sin embargo la potencia generada por el ciclista varía mucho, teniendo dos grandes picos a lo largo de toda la toma de los datos.

Como consecuencia de este hecho podemos explicar la evolución de la tensión de la batería a lo largo del experimento (figura 51), ya que si estimamos la potencia de carga a la batería principal como:

$$P_{cargabatt} = P_{elec\ gen} \cdot \eta_{regulador} - P_{entr\ carg}$$

siendo $\eta_{regulador} = 87,63\%$,calculado en el anterior apartado

Podemos observar la siguiente correlación:

6. Toma y Análisis de Datos

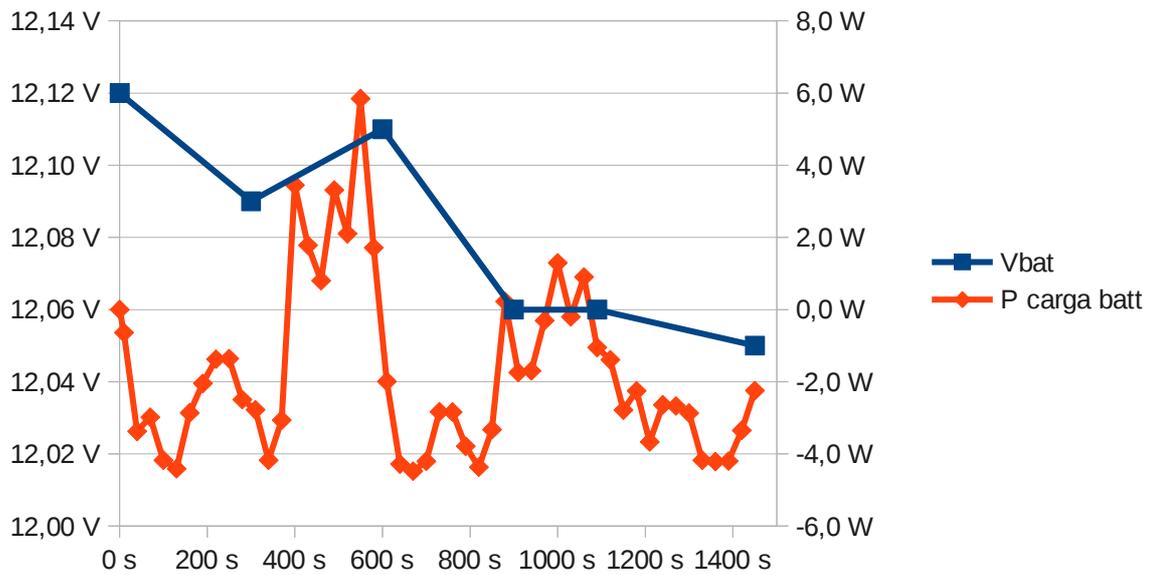


Figura 53: Evolución de la tensión de la batería principal y la potencia de carga de la misma durante la carga de una batería de móvil mediante pedaleo.

En la que se puede observar que la batería se descarga cuando su potencia de carga es negativa, y se carga cuando ésta es positiva, lo cual era de esperar.

Nos encontramos en este caso con una potencia generada muy variable en el tiempo, si observamos la evolución en paralelo de la velocidad y la potencia generada a lo largo del tiempo:

6. Toma y Análisis de Datos

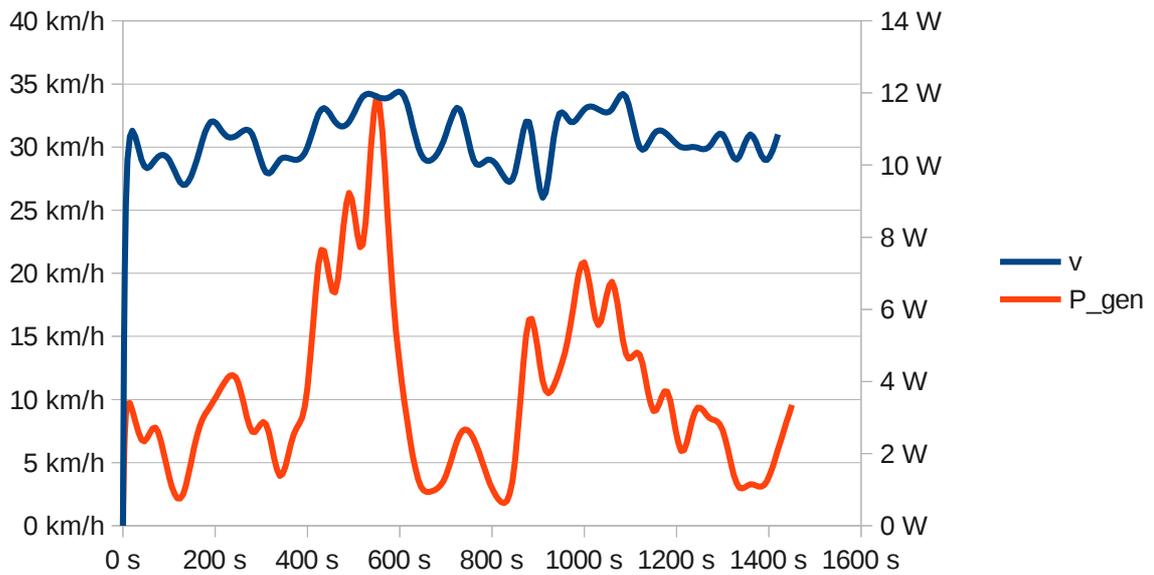


Figura 54: Evolución de la velocidad y la potencia de carga en la batería principal durante la carga de una batería de móvil mediante pedaleo.

Observamos que la velocidad es ligeramente superior en los picos de potencia, esto es debido a una dependencia muy sensible entre potencia y velocidad, como puede observarse en la siguiente gráfica:

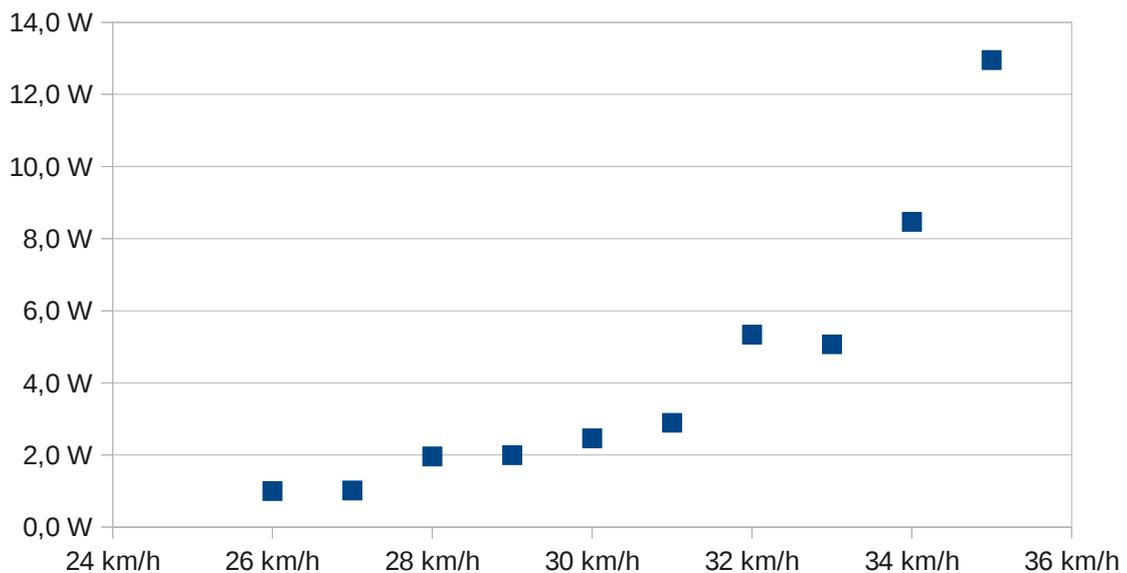


Figura 55: Potencia de carga de la batería principal en función de la velocidad de la bicicleta

6. Toma y Análisis de Datos

Finalmente podemos observar la tensión de la batería de móvil, nuestro consumo en este caso, la cual evoluciona de la siguiente manera:

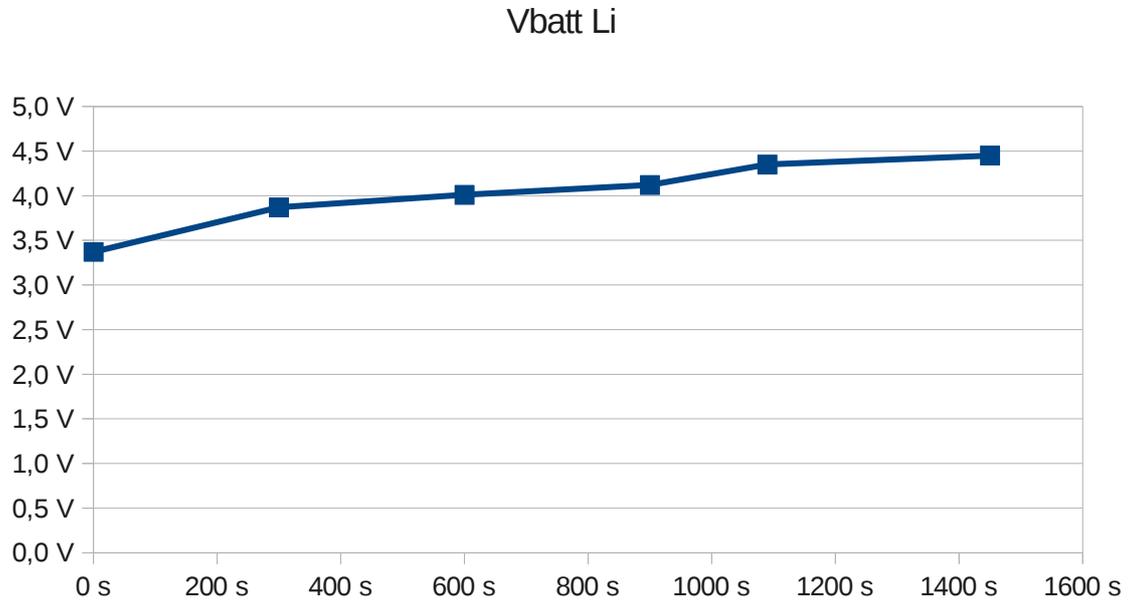


Figura 56: Curva de carga de una batería de móvil mediante pedaleo.

Ya que esta batería está consumiendo potencia a lo largo de todo el experimento, y por tanto se va cargando gradualmente y con ello aumentando su tensión.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y APORTACIONES FUTURAS

7.1 Conclusiones sobre el funcionamiento del sistema y sus componentes.....	96
7.2 Comparativa de las opciones en la configuración y propuesta de uso.....	98
7.3 Observaciones sobre el rendimiento real del sistema y propuestas de mejora...	99

7. Conclusiones y Aportaciones Futuras

7.1 Conclusiones sobre el funcionamiento del sistema y sus componentes

Como se comentó en el primer capítulo, el diseño elegido busca los principios de una tecnología apropiada, es decir:

- Adaptarse a las condiciones socioeconómicas y ambientales, fomentando el desarrollo autóctono.
- Potenciar el empleo de recursos locales, tanto materiales como humanos.
- Crear poca o ninguna dependencia.
- Ser modular y descentralizada.
- Satisfacer necesidades sentidas.
- Evitar grandes inversiones de capital.

El motor que hemos utilizado como generador puede ser reemplazado por cualquier otro de corriente continua sin mayor modificación que la relación de la transmisión, en función de la velocidad necesaria para este nuevo generador.

El soporte puede ser fabricado por cualquier herrero sin ningún problema, ya que los ángulos de corte y las soldaduras utilizadas son estándares y sencillos.

En contraposición de lo inicialmente diseñado la transmisión ha sido construida con rodamientos autoalineables; a pesar del mejor rendimiento que este tipo de rodamiento pueda ofrecer estos han sido el origen de problemas mecánicos que hemos sufrido a lo largo de la caracterización del sistema, debido a su mayor complejidad y menor resistencia. Por otro lado consideramos que pueden generar dependencia al tener un uso menos extendido, por lo que los desaconsejamos.

Tras el desarrollo del proyecto creemos que para mejorar el diseño de la transmisión habría que:

7. Conclusiones y Aportaciones Futuras

1. Separar los ejes intermedio y rápido; de esta forma los desajustes en el alineamiento de los ejes y de la longitud de la cadena se toleran mejor. Además facilita el mantenimiento y reparación de la transmisión al facilitar el cambio de la cadena, en estos momentos es complejo debido al poco espacio del que se dispone para trabajar.
2. Usar tubos de acero y rodamientos rígidos de bolas, estándares, para los ejes de la transmisión, lo cual; facilita el montaje a personal no cualificado, mejora la resistencia de la transmisión, abarata el diseño y disminuye la dependencia al ser componentes más extendidos.

La batería utilizada puede ser sustituida por cualquier otra de tipo solar (teniendo en cuenta tensión y capacidad), incluso si fuese necesario por una de coche, aunque esto último se desaconseja, ya que las baterías de coche están diseñadas para proporcionar una alta corriente durante breves periodos de tiempo (para arrancar un motor de combustión) dinámica contraria al proceso de carga por pedaleo, donde se produce menos potencia durante más tiempo.

El regulador utilizado se trata de un modelo destinado a un pequeño aerogenerador de corriente continua, el uso de este tipo de aerogeneradores se está extendiendo a lo largo del mundo debido a sus características de bajo mantenimiento, uso sencillo, y coste contenido. En un principio se pensó en un regulador diseñado para paneles fotovoltaicos, también muy extendidos y con un coste similar. El proceso de carga mediante paneles fotovoltaicos es muy suave, con oscilaciones muy pequeñas a lo largo del tiempo, sin embargo la carga mediante pedaleo es similar al de un aerogenerador, con fluctuaciones importantes en la potencia generada a lo largo del tiempo, por lo que un regulador diseñado para paneles fotovoltaicos no es capaz de gestionar estas fluctuaciones en la potencia. Un regulador fotovoltaico evita la sobrecarga de la batería modificando la resistencia equivalente del panel, lo que provoca que éste no genere potencia, sin embargo un generador eléctrico no se comporta de esta manera, por lo que la potencia excedente debe disiparse mediante una resistencia, como gestiona un regulador de aerogenerador.

Debido a la potencia y energía que puede generarse con el sistema construido el principal uso que puede ofrecer es el de sistema auxiliar en un sistema de energías

7. Conclusiones y Aportaciones Futuras

renovables aislado. Este uso disminuye el coste del sistema de pedaleo, ya que los gastos principales (baterías y regulador) ya son afrontados por el sistema principal. La disponibilidad de un sistema de generación auxiliar en un sistema aislado ofrece seguridad ante una escasez de Sol o viento durante más días de los calculados, y puede reducir el coste total del sistema de generación al poder ajustar la capacidad de los acumuladores, cubriendo los casos excepcionales de muchos días sin Sol ni viento con el sistema auxiliar en lugar de con un sobredimensionamiento de los acumuladores.

A continuación se muestran consumos tipo que pueden alimentarse únicamente con este sistema:

	Potencia desarrollada	Tiempo de pedaleo	Energía desarrollada	Energía consumida	Ejemplo de Consumo		
Niño	40 W	15 min	10 W·h	2 W·h	1 Bombilla LED de 5W:	24 min	
Persona media	110 W	30 min	55 W·h	8 W·h	1 Bombilla LED de 5W:	13 min	Carga de móvil: 1
Entrenada	150 W	30 min	75 W·h	12 W·h	1 Bombilla LED de 5W:	59 min	Carga de móvil: 1

Tabla 14: Consumo tipo que puede alimentarse con el sistema construido

Con las mejoras propuestas en los siguientes apartados y la subsiguiente mejora en el rendimiento total del sistema se podría alimentar los siguientes consumos mediante pedaleo:

	Potencia desarrollada	Tiempo de pedaleo	Energía desarrollada	Energía consumida	Ejemplo de Consumo		
Niño	40 W	15 min	10 W·h	7 W·h	1 Bombilla LED de 5W:	1,4 h	
Persona media	110 W	30 min	55 W·h	36 W·h	1 Bombilla LED de 5W:	5,82 h	Carga de móvil: 1
Entrenada	150 W	30 min	75 W·h	50 W·h	2 Bombillas LED de 5W:	4,3 h	Carga de móvil: 1

Tabla 15: Consumo tipo que puede alimentarse con el sistema con máximo rendimiento

7.2 Comparativa de las opciones en la configuración y propuesta de uso

Tras comparar las distintas configuraciones utilizadas concluimos que somos capaces de desarrollar más potencia eléctrica si cargamos y descargamos las baterías de forma secuencial, que si mantenemos las baterías en flotación realizando el consumo y la carga de éstas a la vez, ya que la corriente necesaria para mantener en flotación una batería es menor que para cargarla.

Si la batería está descargada su resistencia equivalente es menor que si está cargada, con lo que aumenta la corriente generada, aumentando el par resistivo del generador, lo cual es lo que estamos buscando.

Cargar y descargar las baterías reduce su vida útil respecto a si las mantuviéramos en flotación, sin embargo la poca potencia generada en este caso no compensa esa opción. Poniendo especial atención a que la tensión de la batería no baje de 11V no debería producirse un envejecimiento demasiado prematuro en la baterías utilizadas.

Debido a la potencia y energía generadas en el sistema se sugieren como posibles consumos eléctricos: luces de bajo consumo, luces leds, carga de baterías de linternas o móviles. Esta última posibilidad resulta muy interesante en muchos lugares de África y Latinoamérica, por lo que más adelante se realiza un estudio de viabilidad económica de un negocio basado en esta opción.

7.3 Observaciones sobre el rendimiento real del sistema y propuestas de mejora

En comparación con la literatura encontrada y las estimaciones de potencia humana existentes, el ciclista desarrolla poca potencia en nuestro sistema en todas las configuraciones medidas, esto es debido al poco par desarrollado por el mismo, lo que se traduce en una corriente generada baja. El sistema ofrece un par resistivo bajo debido al bajo consumo conectado al generador.

El regulador utilizado está diseñado para usarse con cuatro modelos diferentes de aerogenerador, cuyo banco de baterías recomendado es, como mínimo, de 100Ah. Nosotros hemos trabajado con baterías de 9Ah y de 7Ah, por lo que para aumentar la potencia desarrollada por el ciclista debemos aumentar la capacidad de nuestro banco de baterías.

Cuando conectamos el generador directamente a un consumo puramente resistivo, sin regulador ni baterías, la potencia aumenta en función de la carga conectada debido al aumento de la corriente, ya que la tensión se mantiene prácticamente sin variaciones. A pesar de ello podemos desarrollar más potencia tanto por parte del ciclista como del generador, que todavía no se ha empezado a saturar con toda la carga conectada.

Aunque no podemos medir el rendimiento total del sistema, ya que el rendimiento mecánico de la transmisión es estimado, sabemos que éste es bajo. Para poder medir el rendimiento total proponemos como trabajo futuro utilizar un motor como generador del movimiento, en lugar de una persona. Al utilizar un motor, por ejemplo uno de bicicleta eléctrica, podemos medir su consumo, con el que a través del rendimiento de dicho motor podemos calcular la potencia que desarrollaría pedaleando nuestro ciclista.

Una vez calculado el rendimiento de la transmisión en el laboratorio, podemos calcular con exactitud la potencia desarrollada por una persona pedaleando. Con este sistema se puede hacer un estudio interesante de la potencia humana según diferentes variables: edad, género, estado de forma, condiciones ambientales, etc.

Sabemos que las pérdidas más importantes de nuestro sistema son debidas al generador utilizado y a la transmisión que necesita para alcanzar una velocidad adecuada en el eje, por lo que se proponen como mejoras a incorporar en el diseño, además de aumentar la capacidad del banco de baterías:

1. Cambiar los rodamientos utilizados por unos fijos de bolas y separar los ejes:

En realidad esta propuesta apenas mejoraría el rendimiento, sin embargo, según lo explicado anteriormente creemos que es la primera modificación que debe hacerse sobre el sistema.

2. Cambiar las cadenas por correas dentadas de transmisión:

El uso de correas dentadas de transmisión de vehículos u otras máquinas fue propuesto como una alternativa al principio del diseño, se desechó inicialmente debido a que complica el diseño del soporte al tener que incorporar un sistema para poder cambiar la correa y a que éstas tienen una vida menor que las cadenas, sobre todo en climas extremos. Volvemos a considerar que son una opción a tener en cuenta debido a su mejor rendimiento y menor ruido (debido a las velocidades alcanzadas el ruido de la cadena es considerable), además son baratas y se encuentran fácilmente en cualquier parte del mundo.

3. Usar el motor de una bicicleta eléctrica como generador:

Son los únicos generadores que se ajustan a nuestras necesidades con buen rendimiento y un coste contenido. Aunque son considerablemente más caros que el utilizado, pueden acoplarse directamente en el eje de la rueda trasera de la bicicleta eliminando la transmisión, con lo que: ahorramos su coste, mejoramos el rendimiento y disminuimos la tasa de averías. Estos motores son de tipo brushless DC de tres fases, por lo que sería necesario un regulador específico para la carga de la batería ya que al no tener escobillas estos motores detectan la posición del rotor de forma electrónica a través de sensores.

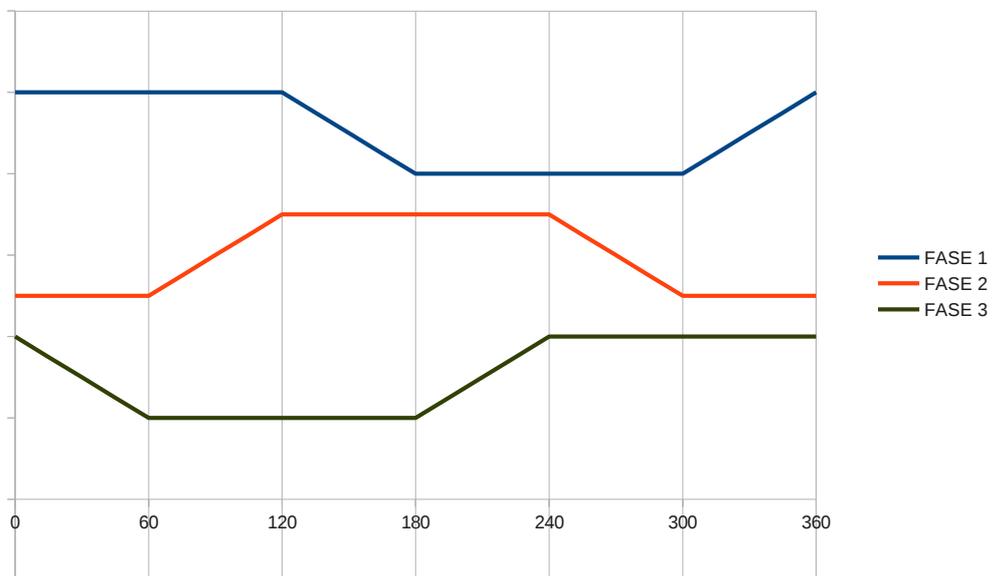


Figura 57: Tensión teórica generada en cada fase según el ángulo de giro usando un motor de bicicleta como generador

En este caso se proponen tres posibles reguladores:

1. Uso de un regulador para bicicleta eléctrica: Algunos modelos permiten cargar la batería de la bicicleta en las frenadas, con lo que con este tipo de reguladores tendríamos compatibilidad asegurada. La potencia que esperamos que se genere en este caso es pequeña, ya que la bicicleta frena poco cuando se utiliza esta opción, además se trata de reguladores muy caros y poco extendidos.
2. Uso de un regulador de aerogenerador de corriente continua: Usando un

7. Conclusiones y Aportaciones Futuras

puente de seis diodos obtendríamos una señal triangular, con un condensador adecuado podríamos obtener una corriente cercana a corriente continua, la cual es capaz de manejar el regulador de aerogenerador utilizado. Aunque introducir electrónica no es conveniente para nuestras intenciones, se trata de componentes baratos y no demasiado complejos de encontrar y utilizar.

3. Diseño y construcción de un regulador: Es posible diseñar y construir un regulador para este tipo de generador como proyecto fin de carrera, se trataría de una interesante solución desde el punto de vista académico que, sin embargo, no sería recomendable llevar a cabo en muchos casos prácticos. En principio sería la opción que mejor rendimiento obtendría, lo ideal sería incluir un mando de control con el que se pueda gestionar la corriente de salida, y con ello el par resistivo ejercido por el generador.

CAPÍTULO 8

PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO

8. Presupuesto y Estudio Económico.....	103
8.1 Presupuesto del Sistema Construido.....	103
8.2 Presupuesto del Sistema Propuesto.....	104
8.3 Estudio de la rentabilidad del proyecto en una zona electrificada.....	105
8.3.1 Estudio usando el sistema construido.....	106
8.3.2 Estudio usando el sistema propuesto.....	107
8.4 Estudio de rentabilidad como venta de recargas de móviles en una zona no..... electrificada.....	108

8. Presupuesto y Estudio Económico

En este capítulo vamos a estudiar la rentabilidad del proyecto como inversión económica desde dos posibilidades: como ahorro en la factura de la luz en una zona electrificada y como negocio de venta de carga de teléfonos móviles en una zona no electrificada de un país en desarrollo.

Estos estudios los realizaremos tanto con el sistema construido como con las previsiones para un sistema propuesto con mayor rendimiento.

8.1 Presupuesto del Sistema Construido

El prototipo construido ha tenido los siguientes costes⁹:

Ítem	Unidad	Precio	Cantidad	Total
Rodamiento INA pase 15"	Pieza	50,95 €	1	50,95 €
Barra de Aluminio mecanizable (eje)	Metro	59,80 €	0,1	5,98 €
Piñones, coronas y cadena	Piezas	37,14 €	1	37,14 €
Tubo de acero (soporte)	Metro	47,00 €	1	47,00 €
Bicicleta	Unidad	0,00 €	1	0,00 €
Generador	Unidad	28,00 €	1	28,00 €
Regulador de aerogenerador	Unidad	70,00 €	1	70,00 €
Batería 12V 7Ah	Unidad	24,00 €	2	48,00 €
Cables de dos colores	Metro	2,00 €	2,5	5,00 €
Diodo	Pieza	0,10 €	1	0,10 €
Construcción del soporte y transmisión	Hora	50,00 €	2	100,00 €
			TOTAL:	392,17 €

Tabla 16: Costes del sistema construido

En nuestro caso la bicicleta ha sido donada al proyecto, consideramos que en el resto de casos ya se dispone de una bicicleta, ha sido donada, o en su defecto se restaura una vieja, por ello su coste es cero.

8.2 Presupuesto del Sistema Propuesto

⁹ En los presupuestos calculados no se tiene en cuenta las horas de ingeniero, es decir el coste de diseño, ya que éste es libre y sólo se tienen en cuenta los costes necesarios para llevar a cabo el proyecto.

8. Presupuesto y Estudio Económico

Como sistema propuesto, tras las conclusiones extraídas del capítulo anterior, proponemos:

- Generador: Motor de bicicleta eléctrica brushless DC de tres fases de 180W.
- Regulador: Regulador de aerogenerador, similar al utilizado.
- Rectificador de señal: Formado por 6 diodos y un condensador. Se puede comprar si se encuentra o fabricar directamente con los componentes, se trata de un diseño sencillo y accesible en la red. Se incorpora al presupuesto repuestos de componentes electrónicos, sobre todo condensadores, que son elementos más proclives a quemarse.
- Batería: Se propone una de 12V y 100Ah para poder extraer toda la potencia que puede desarrollar una persona.
- Transmisión: Al usar este tipo de generador no es necesaria.

El presupuesto para este sistema es:

Ítem	Unidad	Precio	Cantidad	Total
Subsistema generador				
Tubo de acero (soporte)	Metro	47,00 €	1	47,00 €
Bicicleta	Unidad	0,00 €	1	0,00 €
Generador	Unidad	200,00 €	1	200,00 €
Regulador de aerogenerador	Unidad	70,00 €	1	70,00 €
Cables de dos colores	Metro	2,00 €	2,5	5,00 €
Diodo	Unidad	0,10 €	6	0,60 €
Condensador	Unidad	1,00 €	1	1,00 €
Cargador de móvil para coche	Unidad	3,00 €	1	3,00 €
Construcción del soporte y transmisión	Hora	50,00 €	2	100,00 €
SUBTOTAL:				426,60 €
Subsistema acumulador				
Batería 12V 100Ah	Unidad	300,00 €	1	300,00 €
SUBTOTAL:				300,00 €
Repuestos				
Fusibles	Unidad	0,20 €	3	0,60 €
Diodos	Unidad	0,10 €	18	1,80 €
Condensadores	Unidad	1,00 €	5	5,00 €
SUBTOTAL:				7,40 €
TOTAL:				734,00 €

Tabla 17: Presupuesto para el sistema propuesto

8.3 Estudio de la rentabilidad del proyecto en una zona electrificada

Para realizar este estudio vamos a calcular el plazo de recuperación de la inversión realizada, es decir, calcularemos el tiempo necesario para ahorrar en la factura de la luz la misma cantidad que hemos invertido en el proyecto. Para este cálculo vamos a suponer que el coste de la electricidad en los diferentes países se mantiene fijo a lo largo del tiempo y que el ahorro producido es en el término de energía, no de potencia contratada, ya que el sistema no consigue una reducción en la potencia necesaria significativa. Se utilizará el precio medio del kW·h en cada uno de los países tomados como ejemplos.

Lo primero que haremos es calcular el dinero ahorrado anualmente según el coste medio de la electricidad en cada país dependiendo del número de horas diarias que se utiliza para generar electricidad.

Se realiza el cálculo del ahorro con un uso desde una hora diaria hasta ocho, ya que podría ser interesante instalar sistemas comunitarios en gimnasios o zonas públicas.

8.3.1 Estudio usando el sistema construido

El ahorro producido con el sistema construido será:

Países	€ Ahorrados al año								
	Horas Diarias Precio 100-Kwh	1	2	3	4	5	6	7	8
Alemania	25,50 €	1,44 €	2,89 €	4,33 €	5,78 €	7,22 €	8,67 €	10,11 €	11,55 €
Brasil	20,11 €	1,14 €	2,28 €	3,42 €	4,56 €	5,69 €	6,83 €	7,97 €	9,11 €
Chile	16,25 €	0,92 €	1,84 €	2,76 €	3,68 €	4,60 €	5,52 €	6,44 €	7,36 €
Chipre	24,00 €	1,36 €	2,72 €	4,08 €	5,44 €	6,80 €	8,16 €	9,52 €	10,87 €
Costa Rica	10,74 €	0,61 €	1,22 €	1,82 €	2,43 €	3,04 €	3,65 €	4,26 €	4,87 €
Cuba	17,38 €	0,98 €	1,97 €	2,95 €	3,94 €	4,92 €	5,91 €	6,89 €	7,88 €
Ecuador	7,25 €	0,41 €	0,82 €	1,23 €	1,64 €	2,05 €	2,46 €	2,87 €	3,28 €
España	22,77 €	1,29 €	2,58 €	3,87 €	5,16 €	6,45 €	7,74 €	9,03 €	10,32 €
Nicaragua	16,78 €	0,95 €	1,90 €	2,85 €	3,80 €	4,75 €	5,70 €	6,65 €	7,60 €
Panamá	12,87 €	0,73 €	1,46 €	2,19 €	2,92 €	3,64 €	4,37 €	5,10 €	5,83 €
Paraguay	6,29 €	0,36 €	0,71 €	1,07 €	1,43 €	1,78 €	2,14 €	2,49 €	2,85 €
Perú	9,88 €	0,56 €	1,12 €	1,68 €	2,24 €	2,80 €	3,36 €	3,92 €	4,48 €
Polonia	13,50 €	0,76 €	1,53 €	2,29 €	3,06 €	3,82 €	4,59 €	5,35 €	6,12 €
Rep. Dominicana	30,93 €	1,75 €	3,50 €	5,26 €	7,01 €	8,76 €	10,51 €	12,26 €	14,02 €
Turquía	11,50 €	0,65 €	1,30 €	1,95 €	2,61 €	3,26 €	3,91 €	4,56 €	5,21 €
UE (28 países)	19,00 €	1,08 €	2,15 €	3,23 €	4,30 €	5,38 €	6,46 €	7,53 €	8,61 €
Venezuela	1,72 €	0,10 €	0,20 €	0,29 €	0,39 €	0,49 €	0,59 €	0,68 €	0,78 €

Tabla 18: € ahorrados al año con el sistema construido.

Puede observarse a simple vista que el ahorro anual es realmente bajo, y que no

8. Presupuesto y Estudio Económico

interesará una inversión desde este punto de vista, a continuación se han calculado los plazos para la recuperación de la inversión.

Países	Plazo de recuperación de la Inversión [años]								
	Horas Diarias Precio 100-Kwh	1	2	3	4	5	6	7	8
Alemania	25,50 €	271,5	135,8	90,5	67,9	54,3	45,3	38,8	33,9
Brasil	20,11 €	344,3	172,2	114,8	86,1	68,9	57,4	49,2	43,0
Chile	16,25 €	426,2	213,1	142,1	106,5	85,2	71,0	60,9	53,3
Chipre	24,00 €	288,5	144,3	96,2	72,1	57,7	48,1	41,2	36,1
Costa Rica	10,74 €	644,8	322,4	214,9	161,2	129,0	107,5	92,1	80,6
Cuba	17,38 €	398,3	199,1	132,8	99,6	79,7	66,4	56,9	49,8
Ecuador	7,25 €	955,6	477,8	318,5	238,9	191,1	159,3	136,5	119,4
España	22,77 €	304,1	152,0	101,4	76,0	60,8	50,7	43,4	38,0
Nicaragua	16,78 €	412,6	206,3	137,5	103,2	82,5	68,8	58,9	51,6
Panamá	12,87 €	538,0	269,0	179,3	134,5	107,6	89,7	76,9	67,3
Paraguay	6,29 €	1100,4	550,2	366,8	275,1	220,1	183,4	157,2	137,6
Perú	9,88 €	700,5	350,2	233,5	175,1	140,1	116,7	100,1	87,6
Polonia	13,50 €	512,9	256,4	171,0	128,2	102,6	85,5	73,3	64,1
Rep. Dominicana	30,93 €	223,9	111,9	74,6	56,0	44,8	37,3	32,0	28,0
Turquía	11,50 €	602,1	301,0	200,7	150,5	120,4	100,3	86,0	75,3
UE (28 países)	19,00 €	364,4	182,2	121,5	91,1	72,9	60,7	52,1	45,6
Venezuela	1,72 €	4018,4	2009,2	1339,5	1004,6	803,7	669,7	574,1	502,3

Tabla 19: PRI de la inversión del sistema construido.

Como comentábamos, una inversión de este tipo no es rentable en una zona electrificada si tenemos únicamente en cuenta el factor económico.

8.3.2 Estudio usando el sistema propuesto

Con el sistema construido el ahorro anual era bajo, ya que generamos poca potencia, con el sistema propuesto el ahorro anual será:

8. Presupuesto y Estudio Económico

€ Ahorrados al año									
Países	Horas Diarias	1	2	3	4	5	6	7	8
	Precio 100-Kwh								
Alemania	25,50 €	8,49 €	16,99 €	25,48 €	33,98 €	42,47 €	50,96 €	59,46 €	67,95 €
Brasil	20,11 €	6,70 €	13,40 €	20,09 €	26,79 €	33,49 €	40,19 €	46,88 €	53,58 €
Chile	16,25 €	5,41 €	10,82 €	16,23 €	21,65 €	27,06 €	32,47 €	37,88 €	43,29 €
Chipre	24,00 €	7,99 €	15,99 €	23,98 €	31,98 €	39,97 €	47,97 €	55,96 €	63,96 €
Costa Rica	10,74 €	3,58 €	7,15 €	10,73 €	14,31 €	17,88 €	21,46 €	25,04 €	28,62 €
Cuba	17,38 €	5,79 €	11,58 €	17,37 €	23,16 €	28,95 €	34,74 €	40,54 €	46,33 €
Ecuador	7,25 €	2,41 €	4,83 €	7,24 €	9,65 €	12,07 €	14,48 €	16,90 €	19,31 €
España	22,77 €	7,58 €	15,17 €	22,75 €	30,34 €	37,92 €	45,51 €	53,09 €	60,68 €
Nicaragua	16,78 €	5,59 €	11,18 €	16,77 €	22,36 €	27,95 €	33,54 €	39,13 €	44,72 €
Panamá	12,87 €	4,29 €	8,57 €	12,86 €	17,15 €	21,43 €	25,72 €	30,01 €	34,29 €
Paraguay	6,29 €	2,10 €	4,19 €	6,29 €	8,38 €	10,48 €	12,58 €	14,67 €	16,77 €
Perú	9,88 €	3,29 €	6,59 €	9,88 €	13,17 €	16,46 €	19,76 €	23,05 €	26,34 €
Polonia	13,50 €	4,50 €	8,99 €	13,49 €	17,99 €	22,48 €	26,98 €	31,48 €	35,97 €
Rep. Dominicana	30,93 €	10,30 €	20,61 €	30,91 €	41,21 €	51,52 €	61,82 €	72,12 €	82,42 €
Turquía	11,50 €	3,83 €	7,66 €	11,49 €	15,32 €	19,15 €	22,98 €	26,81 €	30,65 €
UE (28 países)	19,00 €	6,33 €	12,66 €	18,99 €	25,32 €	31,64 €	37,97 €	44,30 €	50,63 €
Venezuela	1,72 €	0,57 €	1,15 €	1,72 €	2,30 €	2,87 €	3,44 €	4,02 €	4,59 €

Tabla 20: € ahorrados anualmente con el sistema propuesto.

Para hacer este cálculo hemos supuesto una potencia humana media de 130W y un rendimiento global del sistema de 0,702.

Con el sistema propuesto observamos que el ahorro anual es mayor, sin embargo no será suficiente para rentabilizar la inversión en un plazo interesante económicamente:

Plazo de recuperación de la Inversión [años]									
Países	Horas Diarias	1	2	3	4	5	6	7	8
	Precio 100-Kwh								
Alemania	25,50 €	86,4	43,2	28,8	21,6	17,3	14,4	12,3	10,8
Brasil	20,11 €	109,6	54,8	36,5	27,4	21,9	18,3	15,7	13,7
Chile	16,25 €	135,6	67,8	45,2	33,9	27,1	22,6	19,4	17,0
Chipre	24,00 €	91,8	45,9	30,6	23,0	18,4	15,3	13,1	11,5
Costa Rica	10,74 €	205,2	102,6	68,4	51,3	41,0	34,2	29,3	25,7
Cuba	17,38 €	126,8	63,4	42,3	31,7	25,4	21,1	18,1	15,8
Ecuador	7,25 €	304,1	152,0	101,4	76,0	60,8	50,7	43,4	38,0
España	22,77 €	96,8	48,4	32,3	24,2	19,4	16,1	13,8	12,1
Nicaragua	16,78 €	131,3	65,7	43,8	32,8	26,3	21,9	18,8	16,4
Panamá	12,87 €	171,2	85,6	57,1	42,8	34,2	28,5	24,5	21,4
Paraguay	6,29 €	350,2	175,1	116,7	87,5	70,0	58,4	50,0	43,8
Perú	9,88 €	222,9	111,5	74,3	55,7	44,6	37,2	31,8	27,9
Polonia	13,50 €	163,2	81,6	54,4	40,8	32,6	27,2	23,3	20,4
Rep. Dominicana	30,93 €	71,2	35,6	23,7	17,8	14,2	11,9	10,2	8,9
Turquía	11,50 €	191,6	95,8	63,9	47,9	38,3	31,9	27,4	24,0
UE (28 países)	19,00 €	116,0	58,0	38,7	29,0	23,2	19,3	16,6	14,5
Venezuela	1,72 €	1278,8	639,4	426,3	319,7	255,8	213,1	182,7	159,9

Tabla 21: PRI del sistema propuesto

8.4 Estudio de rentabilidad como venta de recargas de móviles en una zona no electrificada

Un uso interesante de la generación de electricidad mediante pedaleo en una zona no electrificada es la recarga de baterías de móviles y de linternas. El 80% de las personas que carecen de electricidad viven en zonas rurales, se trata de zonas aisladas en las que las TIC's ayudan en la vida diaria con un bajo coste.

Para realizar el cálculo de la viabilidad de un negocio basado en la venta de recargas de baterías de móviles hemos comparado tres opciones: el sistema construido, un sistema similar al construido pero con una transmisión mediante correas y el sistema propuesto en el capítulo anterior, con una batería de mayor capacidad y un generador más eficiente.

En las dos primeras alternativas consideramos la potencia humana desarrollada como 80,61W, la potencia medida en nuestro sistema con el regulador arreglado y una batería medio cargada.

Los rendimientos se han calculado en cada uno de los sistemas como sigue:

$$\eta_{\text{sistema construido}} = \eta_{\text{calculado}} \cdot \eta_{\text{cargador mvl}} = 0,1925 \cdot 0,7 = 0,1348$$

$$\eta_{\text{cambio correas}} = \eta_{\text{calculado}} \cdot \frac{\eta_{\text{nueva transmisión}}}{\eta_{\text{antigua transmisión}}} = 0,1925 \cdot \frac{0,8}{0,6} = 0,1797$$

(estimamos el rendimiento de la transmisión mediante correas como 0,8)

$$\eta_{\text{con brushless}} = \eta_{\text{generador}} \cdot \eta_{\text{regulador}} \cdot \eta_{\text{cargador mvl}} = 0,9 \cdot 0,78 \cdot 0,7 = 0,4914$$

Hemos supuesto un sueldo necesario de 500€/mes, en las dos primeras alternativas se pedalea durante seis horas al día y en la tercera durante cuatro, ya que la potencia desarrollada en ésta es mayor y por tanto el cansancio físico también.

Con ello calculamos el precio al que tendría que cobrarse cada recarga de móvil, suponemos que no somos capaces de cubrir toda la demanda.

8. Presupuesto y Estudio Económico

Sistema utilizado:		
Sistema construido	Cambio de transmisión por correas	Uso de un generador brushless
Inversión inicial necesaria		
392,17 €	392,17 €	734,00 €
Potencia humana desarrollada		
80,61 W		130 W
Rendimiento		
0,1348	0,1797	0,4914
Potencia de carga a la batería de móvil		
10,86 W	14,48 W	63,88 W
Tiempo de una carga [horas]		
0,61 h	0,46 h	0,10 h
Tiempo de una carga [minutos]		
36,79 min	27,59 min	6,26 min
Precio por recarga para ganar 500€/mes		
pedaleando 6 horas al día		Pedaleando 4 horas al día
2,32 €	1,74 €	0,59 €

Tabla 22: Cálculo del precio de recarga de batería de móvil.

Consideramos que con un precio superior a 1€ por recarga la posibilidad de éxito de la iniciativa es baja, por lo que es necesario aumentar la potencia de carga del sistema construido para que éste sea rentable desde esta perspectiva. Esto se puede conseguir de dos formas:

- Aumentando la carga del generador, es decir aumentando la capacidad de la batería utilizada.
- Mejorando el rendimiento global del sistema; lo cual se puede conseguir mejorando el rendimiento de la transmisión y/o usando un generador con mejor rendimiento.

La viabilidad de un proyecto de este tipo es interesante, por lo que se recomienda continuar el trabajo tanto en esta línea, como usándose como sistema auxiliar de un sistema de energías renovables aislado.

CAPÍTULO 9

BIBLIOGRAFÍA

Referencias bibliográficas

- BHAG S. GURU Y HÜSEYİN R. HIZIROĞLU (2003). *Máquinas Eléctricas y Transformadores* (3 ed.). Oxford University Press.
- Egido, Miguel Ángel et al. (1999). *Energía Solar Fotovoltaica y Cooperación Al Desarrollo*, Madrid. Iepala.
- Simón Bordón, Mario (2010). *Estudio y Análisis de un Regulador de Carga de Baterías*, Madrid.
- Travé Murcia, Rubén (2012). *Convertidor Estático para una Bicicleta Eléctrica con Frenado Regenerativo*, Madrid.

Referencias Web

- Organización Latinoamericana de Energía (2014) - *Expertos en Red*
<http://expertosenred.olade.org/>
- Educypedia (2014) - *Animaciones sobre motores brushless:*
<http://educypedia.karadimov.info/electronics/javamotordc.htm>
- Página Española de la bicicleta eléctrica (2013) -
<http://www.bicicletaselectricas.com/index.html>
- EnerSystem (2013) - *Información sobre baterías:* <http://www.enersystem.com/>

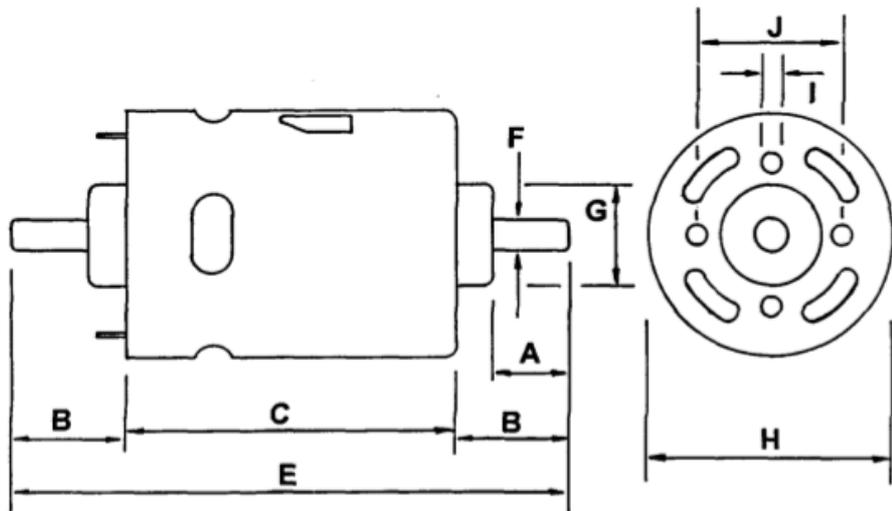
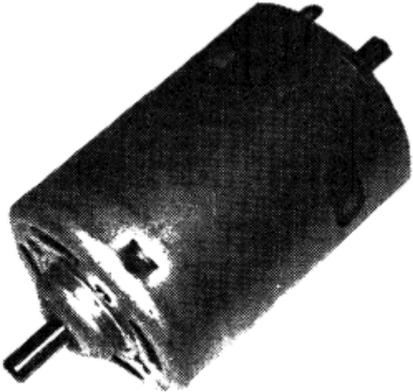
ANEXOS

Anexo I: Hoja de Características del Generador

MFA/COMO DRILLS

STOCK RANGE MINIATURE LOW VOLTAGE D.C. MOTORS.

RE - 850 (3 POLE)



Weight 500g (approx)

DIMENSIONS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
MILLIMETER	13.2	20.5	69.0		110.0	6.350	21.75	51.8	M5	32.0	
DECIMAL INCHES	0.520	0.810	2.720		4.330	0.250	0.860	2.040		1.260	

MODEL	VOLTAGE		NO LOAD		AT MAXIMUM EFFICIENCY					STALL TORQUE		
	OPERATING RANGE	NOMINAL	SPEED	CURRENT	SPEED	CURRENT	TORQUE		OUTPUT	EFF	STALL TORQUE	
			R.P.M.	A	R.P.M.	A	oz - in	mN-m	W	%	oz - in	mN-m
RE - 850	12.0v	12.0v CONSTANT	9778	1.90	8311	10.82		92.13	157	61.74		614

MFA/COMO DRILLS, THE MILL, MILL LANE, WORTH, DEAL, KENT, CT14 0PA.

TEL: 01304 612132. FAX: 01304 614696
E-MAIL: MFA_COMO_DRILLS@COMPUSERVE.COM

THE ABOVE FIGURES ARE A GUIDE ONLY AND DO NOT FORM ANY CONTRACTUAL OBLIGATION ON THE PART OF MFA/COMO DRILLS.

**Anexo II: Hoja de Características del Regulador de Paneles
Fotovoltaicos**



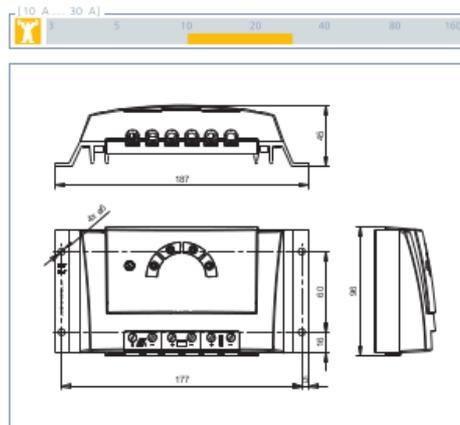
Steca Solarix PRS

PRS 1010, PRS 1515, PRS 2020, PRS 3030

El regulador de carga solar Steca Solarix PRS impresiona tanto por su sencillez como por su potencia, y ofrece al mismo tiempo un diseño moderno y un display cómodo de manejar a un precio irresistible.

Varios LED de diversos colores simulan un indicador de barra que proporciona información sobre el estado de carga de la batería. Aquí entran en acción los algoritmos modernos de Steca, que aseguran un óptimo cuidado de la batería. Los reguladores de carga Solarix PRS están equipados con un fusible electrónico que garantiza una protección inmejorable. Trabajan en serie y separan el módulo solar de la batería para proteger a esta última contra sobrecarga.

Además, se pueden equipar con funciones especiales para proyectos mayores. Ejemplos de ello son la función de luz nocturna y las tensiones seleccionables, tanto al final de la carga como en la descarga total.



Características del producto

- Regulador serie
- Selección automática de tensión
- Regulación de tensión y corriente
- Regulación MAP
- Tecnología de carga escalonada
- Desconexión de carga en función de la corriente
- Reconexión automática del consumidor
- Compensación de temperatura
- Toma de tierra en uno o varios terminales positivos o sólo en uno de los terminales negativos
- Función de autocontrol
- Carga mensual de mantenimiento

Funciones de protección electrónica

- Protección contra sobrecarga
- Protección contra descarga total
- Protección contra polaridad inversa de los módulos, la carga y la batería
- Fusible electrónico automático
- Protección contra cortocircuito de la carga y los módulos solares
- Protección contra sobretensión en la entrada del módulo
- Protección contra circuito abierto sin batería
- Protección contra corriente inversa por la noche
- Protección contra sobretemperatura y sobrecarga
- Desconexión por sobretensión en la batería

Indicaciones

- Display LED multifuncional
- LED de varios colores
- 5 LED indican los estados de funcionamiento
 - para funcionamiento, estado de carga, avisos de fallo

Opciones

- Función de luz nocturna de fábrica o configurable por el Steca PA RC 100
- Parametrización de los valores funcionales con el Steca PA RC 100

Certificaciones

- Conforme a los estándares europeos (CE)
- Conforme a RoHS
- Fabricado en Alemania
- Desarrollado en Alemania
- Fabricado conforme a ISO 9001 e ISO 14001

	PRS 1010	PRS 1515	PRS 2020	PRS 3030
Funcionamiento				
Tensión del sistema	12 V (24 V)			
Consumo propio	< 4 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				
Tensión de la batería	9 V ... 17 V (17,1 V ... 34 V)			
Corriente de consumo	10 A	15 A	20 A	30 A
Tensión final de carga	13,9 V (27,8 V)			
Tensión de carga reforzada	14,4 V (28,8 V)			
Carga de compensación	14,7 V (29,4 V)			
Tensión de reconexión (LVR)	12,4 V ... 12,7 V (24,8 V ... 25,4 V)			
Protección contra descarga profunda (LVD)	11,2 V ... 11,6 V (22,4 V ... 23,2 V)			
Condiciones de uso				
Temperatura ambiente	-25 °C ... +50 °C			
Equipamiento y diseño				
Terminal (cable fino / único)	16 mm ² / 25 mm ² - AWG 6 / 4			
Grado de protección	IP 32			
Dimensiones (X x Y x Z)	187 x 96 x 45 mm			
Peso	345 g			

Datos Nominales a 25 °C / 77 °F



Steca PA RC100
Control remoto
(pág. 62)

[Áreas de aplicación]



Anexo III: Hoja de Características del Regulador de un Aerogenerador

HRSi Charge Regulator

Marlec's HRSi Charge Regulator once again leads the small wind turbine industry in technology and product features. The HRSi conveniently brings together a **Rutland Windcharger voltage regulator** with an input for up to **160Watts of photovoltaic panels** in a single easy to install device. **Multi-stage charge** control delivers appropriate charge levels required to ensure your batteries get the maximum power they are able to retain and remain float charged.

New HRSi features
intelligent charge control for
optimal battery condition.



Technical Features

- **Pulse Width Modulation (PWM)** regulation is now more finely controlled using the latest programmable microcontrollers. PWM regulation monitors battery voltage to prevent overcharge. As peak voltages are reached the HRSi tapers the input charge from the wind & solar chargers gradually reducing input to float stage level. This feature gradually reduces the speed of the turbine to an eventual "idle" thus extending the working life of the windcharger. As the battery discharges the wind turbine responds by increasing speed to deliver more power. Solar power is also tapered in the same way.
- **Intelligent Microcontroller system** is programmed to deliver bulk and float phase charging. This feature ensures that batteries are optimally charged, especially when unattended.
- **LED indicators** keep the user informed about battery voltage levels and charging status

- **Manual shutdown switch** allows the user to stop the wind & solar chargers from delivering power to the battery if required. The windcharger slows to a "idle" in this mode.
- Easy to connect terminals to interface windcharger, solar panels & battery connection.
- **Temperature compensation** automatically adjusts the settings of the regulator to take account of varying temperatures thus ensuring maximum charging efficiency in all conditions.
- Built in blocking diode avoids conflict with other charging sources to the same battery. (1)
- **Automatic voltage detection** for 12V or 24V systems (2)
- Built-in charge fuse protects the wiring circuit in the event of accidental reverse polarity connection.
- User voltage programme feature allows resetting of voltage cut in levels. Requires a variable DC power supply.

Notes:

1. Solar panels must be fitted with diodes
2. Batteries must be connected first for auto detection.

Technical Data

Input Capacity:

1 x Rutland 913 or Rutland 914 or FM 910-3 or Rutland 504 Windcharger plus 160Watts peak rated solar panels maximum.
For connection to a single battery bank (wired in parallel for 12 V and in series for 24 V).

LED Display:

Tri-Colour LED indicating battery voltage:		Tri-Colour LED indicating charging status:	
Flashing Red	Battery Very Low <12V (24V)	Green	Charging
Red	>12V & <13V (>24V & <26V)	Amber	Charging & Regulating
Amber	>13V (26V)	Red	Regulating
Green			

Dimensions: Product 130 x 80 x 42 mm 185 g

Packaged 160 x 110 x 60 mm 255 g



Designed & Manufactured in the UK by:
Marlec Engineering Co. Ltd
Rutland House, Trevithick Rd, Corby, NN17 5XY
Tel: +44 (0)1536 201588 Fax: +44 (0)1536 400211
Email: sales@marlec.co.uk www.marlec.co.uk

Anexo IV: Hoja de Características de la Batería de 35Ah



RA12-35 (12V35Ah)

RS Stock No.666-5482

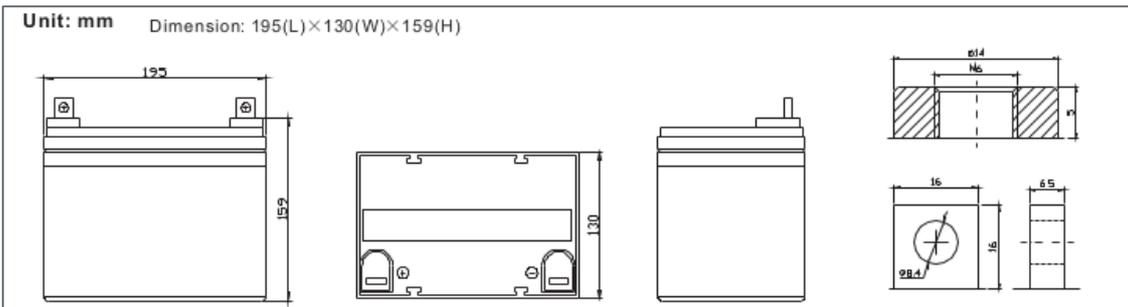


RA12-35 is a general purpose battery with 10 years floating design life, meet with IEC, JIS .BS and Eurobat standard. With heavy duty grid, thickness plates, special additives, RA series battery have long and reliable standby service life. Our RA Series batteries keep high consistent for better performance in series usage.

Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	35Ah@10hr-rate to 1.75V per cell @25°C
Weight	Approx. 10.2 Kg
Max. Discharge Current	350A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 9 mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C±5°C
Float charging Voltage	13.6 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current Limit	10.5 A
Equalization and Cycle Service	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	RITAR batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Terminal F7/F11
Container Material	A. B.S. (UL94-HB), Flammability resistance of UL94-V1 can be available upon request.

Dimensions



Constant Current Discharge Characteristics: A (25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	115.3	84.90	61.78	37.95	21.45	11.98	8.613	7.128	5.834	4.099	3.466	1.833
10.0V	112.0	80.78	60.51	37.32	21.35	11.89	8.580	7.095	5.800	4.066	3.433	1.800
10.2V	108.7	77.93	59.56	36.99	21.15	11.80	8.514	7.062	5.766	4.033	3.399	1.766
10.5V	97.57	71.91	56.71	36.07	20.96	11.71	8.481	6.996	5.697	3.999	3.366	1.733
10.8V	88.07	65.58	52.27	34.49	20.46	11.50	8.250	6.831	5.594	3.933	3.333	1.700
11.1V	76.67	58.61	46.89	32.31	19.44	10.99	7.887	6.501	5.354	3.766	3.233	1.600

Constant Power Discharge Characteristics: W(25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	1209	902.8	664.7	406.9	245.3	137.8	99.40	82.37	67.54	47.57	38.97	20.59
10.0V	1177	862.3	650.9	401.8	244.1	137.3	99.20	82.17	67.13	47.37	38.57	20.39
10.2V	1142	833.6	642.1	397.1	242.4	136.0	98.60	81.77	66.92	46.97	38.37	20.19
10.5V	1028	770.3	612.3	388.1	240.0	134.8	98.01	81.18	66.31	46.57	37.97	19.99
10.8V	924.8	699.4	562.5	370.4	234.0	132.8	95.63	79.00	65.28	45.57	37.57	19.79
11.1V	798.2	621.1	502.3	347.0	221.8	126.7	90.88	75.24	61.98	43.97	36.37	18.99

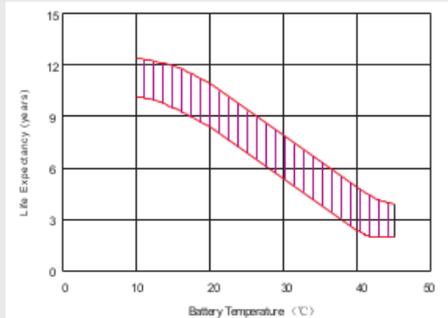
All mentioned values are average values.

RA12-35

12V35Ah



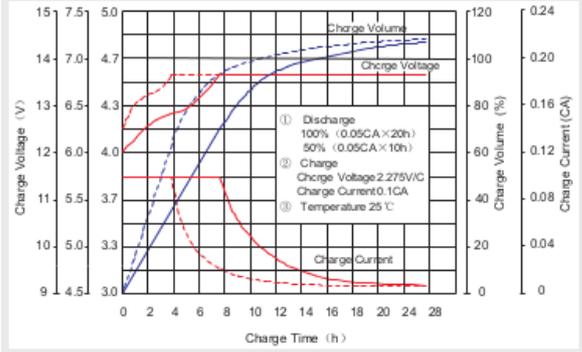
Effect of temperature on long term float life



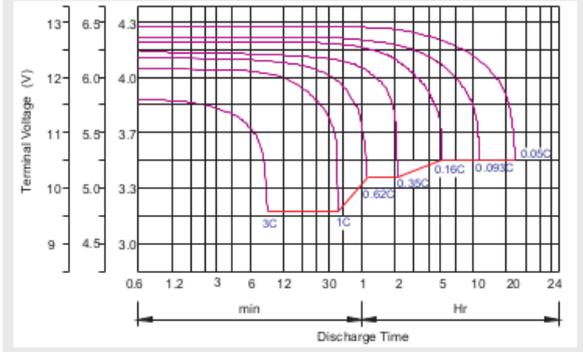
Storage characteristic



Charge characteristic Curve for standby use



Discharge characteristic Curve



Capacity Factors With Different Temperature

Battery Type		-20°C	-10°C	0°C	5°C	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C	45°C
GEL Battery	6V&12V	50%	70%	83%	85%	90%	98%	100%	102%	104%	105%
	2V	60%	75%	85%	88%	92%	99%	100%	103%	105%	106%
AGM Battery	6V&12V	46%	66%	76%	83%	90%	98%	100%	103%	107%	109%
	2V	55%	70%	80%	85%	92%	99%	100%	104%	108%	110%

Discharge Current VS. Discharge Voltage

Final Discharge Voltage V/cell	1.75V	1.70V	1.60V
Discharge Current (A)	(A) ≤ 0.2C	0.2C < (A) < 1.0C	(A) ≥ 1.0C

Charge the batteries at least once every six months, if they are stored at 25°C.

Charging Method:

Constant Voltage	-0.2Cx2h+2.4-2.45V/cellx24h, Max. Current 0.3CA
Constant Current	-0.2Cx2h+0.1CAx 12h
Fast	-0.2Cx2h+0.3CAx4.0h

Maintenance & Cautions

Float Service:
※ Every month, recommend inspection every battery voltage.
※ Every three months, recommend equalization charge for one time.
Equalization charge method:
Discharge: 100% rate capacity discharge.
Charge: Max. current 0.3CA, constant voltage 2.4-2.45V/Cell charge 24h.
※ Effect of temperature on float charge voltage: -3mV/°C/Cell.
※ Length of service life will be directly affected by the number of discharge cycles, depth of discharge, ambient temperature and charging voltage.

SHEN ZHEN RITAR POWER CO.,LTD.
 URL:www.ritarpower.com

Address: Rm405, Tower C, Huahan Building, Langshan Rd16, Nanshan District, ShenZhen, 518057, China
 Tel:+86-755-33981668 Fax:86-755-8347-5180

2008-Version 1

Anexo V: Hoja de Características de la Batería de 7Ah

MHB BATTERY **VRLA Battery** **MS 7-12** **12V7.0AH**
MS Series SLA Battery

MHB MS Series--Small-size batteries

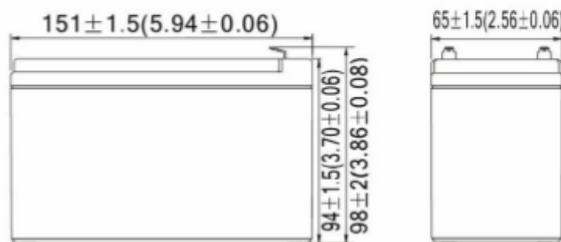
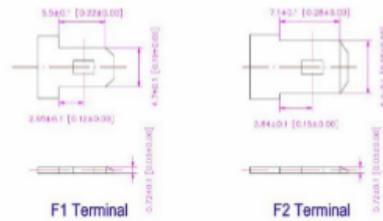
- 100% before shipment testing, stable and reliable long-term quality
- patented grid alloy formula and updated manufacturing technique
- completely sealed and maintenance-free, low self-discharge
- Excellent charging and re-charging acceptance
- Cycle use: More than 260 cycles at 100% DOD
- Floating & standby use: 3-5 years

Application:

- Alarm System
- Cable Television
- Communication Equipment
- Emergency Power System
- Security System
- Medical Equipment
- UPS
- Power tools
- Control Equipment
- Toys

Construction:

- ComponentRaw material
- PositiveLead dioxide
- NegativeLead
- ContainerABS
- CoverABS
- SealantEpoxy
- Safety valve Rubber
- TerminalCopper
- SeparatorFiber glass
- ElectrolyteSulfuric acid



Specification:

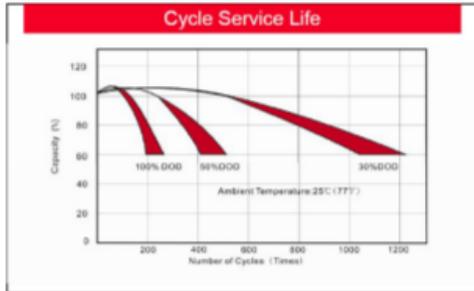
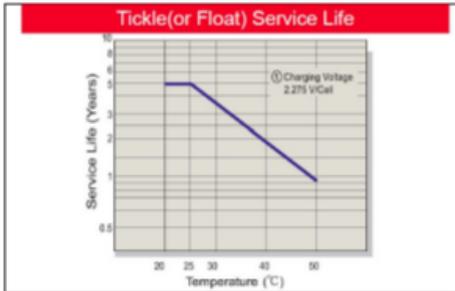
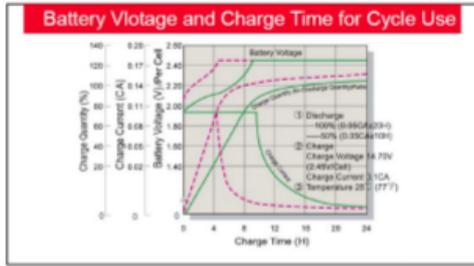
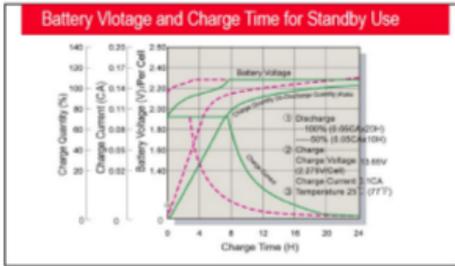
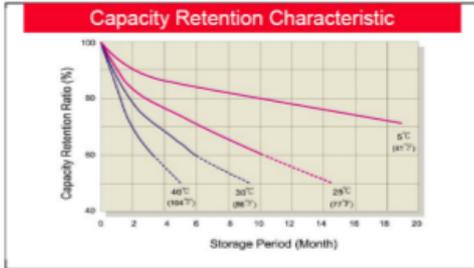
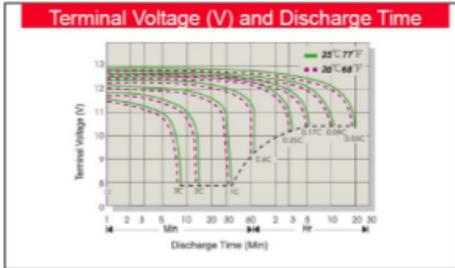
Battery Model	MS 7-12 12V7.0AH			
Designed Floating Life	3~5 Years			
Capacity (25 °C)	20HR(0.35A,10.5V)	10HR(0.673A,10.5V)	5HR(1.26A,10.5V)	1HR(4.19A,10.5V)
	7.00AH	6.73AH	6.30AH	4.19AH
Dimensions	Length	Width	Height	Total Height
	151mm (5.94inch)	65mm (2.56inch)	94mm (3.70inch)	98mm (3.86inch)
Approx. Weight	2.05Kg (4.52 lbs)			
Internal Resistance	Full charged at 25 °C : ≤35mΩ			
Self Discharge	3% of capacity declined per month at (25 °C)			
Capacity Affected by Temp.(20HR)	40 °C	25 °C	0 °C	-15 °C
	102%	100%	85%	65%
Charge Voltage(25oC)	Cycle use		Float use	
	14.4-15.0V(-30mV/°C), max. Current: 2.10A		13.6-13.8V (-20mV/°C)	

FUJIAN MINHUA POWER SOURCE CO., LTD.

www.mhb-battery.com sales@mhb-battery.com info@mhb-battery.com

V4 2012-2-16

MHB® VRLA Battery **MS 7-12** 12V7.0AH



Constant Current Discharge (CC, Unit: A) at 25°C (77°F)												
F.V/Time	5Min	10Min	15Min	30Min	1Hr	2Hr	3Hr	4Hr	5Hr	6Hr	10Hr	20Hr
1.85V/Cell	19.31	14.26	10.34	6.96	4.04	2.31	1.77	1.413	1.213	0.989	0.649	0.337
1.80V/Cell	19.68	14.53	10.54	7.09	4.12	2.36	1.80	1.440	1.237	1.008	0.661	0.344
1.75V/Cell	20.04	14.81	10.74	7.23	4.19	2.40	1.84	1.467	1.260	1.027	0.673	0.350
1.70V/Cell	21.85	15.69	11.38	7.51	4.27	2.45	1.87	1.493	1.282	1.045	0.685	0.356
1.67V/Cell	24.05	17.03	12.35	7.93	4.31	2.47	1.89	1.509	1.296	1.056	0.693	0.360
1.60V/Cell	26.06	17.91	12.99	8.27	4.36	2.50	1.91	1.525	1.310	1.068	0.700	0.364
Constant Power Discharge (CP, Unit: W) at 25°C (77°F)												
F.V/Time	5Min	10Min	15Min	30Min	1Hr	2Hr	3Hr	4Hr	5Hr	6Hr	10Hr	20Hr
1.85V/Cell	37.65	27.81	20.16	13.57	7.88	4.51	3.45	2.76	2.37	1.93	1.26	0.66
1.80V/Cell	38.37	28.34	20.55	13.83	8.03	4.60	3.52	2.81	2.41	1.97	1.29	0.67
1.75V/Cell	39.09	28.87	20.94	14.09	8.18	4.69	3.58	2.86	2.46	2.00	1.31	0.68
1.70V/Cell	42.60	30.60	22.19	14.65	8.32	4.77	3.65	2.91	2.50	2.04	1.34	0.69
1.67V/Cell	46.90	33.20	24.08	15.47	8.41	4.82	3.68	2.94	2.53	2.06	1.35	0.70
1.60V/Cell	50.81	34.93	25.33	16.13	8.50	4.87	3.72	2.97	2.55	2.08	1.37	0.71

Anexo VI: Hoja de Características del Cargador de Móviles

rotronic

Datenblatt - Fiche technique - Data sheet

19.99.1058



VALUE USB Charger mit KFZ-Stecker, 1 Port, 10W

VALUE Chargeur USB Car, 1 port, 10W

VALUE USB Car Charger, 1 Port, 10W

Item no.: 19.99.1058

VALUE USB Car Charger, 1 port, 2A



Features:

Input Conditions:

Rated Input voltage: 12V ~ 24Vdc
Rated Input current: 1350mA (rms) max. at 12V input rated
700mA (rms) max. at 24V input rated

Output Requirements:

Rated output: DC5.25V~4.60V at rated current 2000mA with resistive loading
No load output: Max. 5.5V at no load condition
Max. Output current: 2000mA@25°C

Output port: USB female connector, 1 port

Short circuit protection: Current limit and auto-restart after short circuit remove

Temperature & Humidity:

Operating Temperature: -10°C to +40°C
Storage temperature: -20°C to +70°C
Relative Humidity: 5% to 95% RH

Color: black

Anexo VII: Datos

ANEXOS

Datos correspondientes al capítulo 6.3.1 Batería de 12V y 7Ah con una carga inicial de 10V

Tiempo (s)	Velocidad (km/h)	Vgen	Agen	Vbat	Abat	V bat
0	0	0	0	10,07		10,07
5	14	5,56	2,13	10,97	0,67	
10	17	5,23	1,93	11,05	0,67	
15	17	4,99	1,91	11,13	0,8	
20	20	6,84	3,25	11,62	1,37	
25	20	6,45	2,93	11,97	1,14	
30	23	6,47	3,14	11,81	0,95	
35	22	6,71	2,99	11,83	1,09	
40	22	7,11	3,77	12,46	1,69	
45	21	7,04	3,13	12,51	1,4	
50	20	6,83	3,85	12,46	1,9	
55	22	7,16	3,43	12,64	1,4	
60	21	6,89	3,46	12,68	1,12	
65	22	6,77	3,13	12,49	1,04	
70	20	6,75	3,04	12,61	1,35	
75	20	6,6	2,76	12,42	0,98	
80	21	7,12	3,68	12,54	1,36	
85	21	7	3,53	12,55	1,61	
90	24	7,17	3,94	12,69	1,64	
95	19	4,65	1,99	12,23	0,31	
100	16	3,35	1,29	12	0,15	
105	17	6,11	2,34	12,36	0,71	
110	19	6,73	2,92	12,52	1,01	
115	21	6,93	3,04	12,66	1,25	
120	21	6,89	3,52	12,67	1,23	
125	20	7	3,44	12,44	1,37	
130	18	6,76	3,31	12,45	1,13	
135	22	6,74	3,06	12,44	1,99	
140	22	6,77	3,96	12,7	1,11	
145	18	6,5	2,49	12,47	0,8	
150	19	6,58	2,86	12,43	1,05	
155	20	7	2,74	12,57	1,05	
160	20	6,66	2,91	12,51	1,09	
165	20	6,35	2,97	12,45	1,1	
170	20	6,93	3,36	12,46	1,29	
175	20	6,72	2,77	12,48	1,32	
180	21	6,31	2,55	12,92	1,1	
185	21	7,02	3,12	12,7	1,09	
190	20	6,92	3,18	12,6	1,04	
195	20	6,54	2,92	12,57	1,01	
200	21	7	2,32	12,61	1,98	
205	20	7,17	2,88	12,65	1,65	
210	20	7,04	2,97	12,59	1,13	
215	20	6,63	3,08	12,67	0,97	
220	21	7,05	2,89	12,6	0,83	
225	19	6,81	3,04	12,48	0,96	
230	19	6,99	2,9	12,63	1,75	
235	20	6,84	2,62	12,54	0,88	
240	19	5,96	2,78	12,46	0,69	
245	18	6,39	2,4	12,48	0,83	
250	18	6,37	2,43	12,46	0,8	
255	18	6,02	2,25	12,5	0,00	

ANEXOS

260	19	6,43	2,49	12,59	0,99	12,05
265	20	6,3	2,52	12,47	0,95	
270	20	6,44	2,5	12,54	1,07	
275	19	6,39	3,26	12,46	1,14	
280	19	6,7	2,73	12,57	0,74	
285	20	7,06	2,82	12,6	0,98	
290	19	5,86	2,24	12,96	0,72	
295	20	6,35	2,54	12,47	0,84	
300	20	6,29	2,71	12,53	0,84	
305	19	6,75	2,88	12,42	1,06	
310	21	6,37	3,46	12,49	1,28	
315	22	7,07	3,54	12,56	1,16	
320	20	7,01	3,51	12,69	1,31	
325	20	6,99	3,11	12,56	0,87	
330	20	6,6	2,67	12,62	1,02	
335	21	6,99	3,45	12,61	1,37	
340	20	7,03	2,75	12,56	1,27	
345	19	6,37	2,99	2,49	1,1	
350	20	6,96	2,96	12,53	1,21	
355	21	6,97	3,14	12,59	1,32	
360	21	6,67	2,8	12,55	1,06	
365	21	7,16	3,53	12,66	1,37	
370	20	6,6	2,64	12,63	1,24	
375	21	7,13	3,26	12,59	1,22	
380	20	6,75	3,46	12,57	1,17	
385	20	6,65	2,98	12,58	1,02	
390	20	6,41	3,03	12,56	1,1	
395	19	6,75	2,81	12,52	0,89	
400	19	6,62	2,78	12,56	1,12	
405	20	7,04	3,22	12,69	1,27	
410	22	6,96	3,49	12,55	1,17	
415	21	6,78	2,95	12,57	1,09	
420	19	6,87	2,63	12,62	0,94	
425	21	6,65	3,1	12,54	1,08	
430	21	7,06	2,65	12,58	0,92	
435	21	6,9	3,09	12,61	1,14	
440	20	7,708	3,12	12,66	0,96	
445	20	7,04	3,14	15,57	1,29	
450	20	6,88	2,86	12,59	1,26	
455	20	6,82	2,95	12,57	0,98	
460	20	6,54	2,57	12,63	0,98	
465	20	6,35	2,59	12,66	0,81	
470	21	7,05	4,05	12,68	1,7	
475	20	6,59	2,78	12,56	1,09	
480	22	6,94	3,88	12,766	1,25	
485	24	7,24	3,45	12,69	1,39	
490	23	7,22	3,77	12,87	3,82	
495	23	7,11	3,66	12,84	1,89	
500	22	7,28	4,49	12,97	1,99	
505	21	7,28	4,03	12,68	1,49	
510	22	7,27	3,28	12,81	1,5	
515	21	7,15	2,81	12,6	1,2	
520	20	7,03	2,75	12,61	1,4	
525	23	6,86	3,95	12,74	1,84	
530	25	7,11	3,35	12,7	1,24	
535	21	7,01	2,92	12,06	1,43	

ANEXOS

540	22	7,26	4,18	12,65	1,77	
545	22	7,22	3,42	12,7	1,58	
550	21	7,16	3,22	12,36	1,88	
555	21	7,06	4,3	12,69	1,92	
560	21	7,18	3,48	12,84	1,49	
565	21	6,88	3,14	12,62	1,31	
570	21	6,36	2,63	12,66	0,83	
575	20	6,96	3,06	12,61	1,12	
580	20	6,77	2,89	12,63	1,89	
585	21	6,74	2,83	12,67	1,2	
590	21	6,88	2,83	12,67	1,25	
595	21	6,82	2,83	12,62	1,26	
600	20	7,05	3,51	12,65	1,19	12,26
605	19	6,38	2,29	12,45	0,9	
610	18	6,22	2,26	12,5	0,7	
615	21	7,01	3,81	12,79	1,35	
620	21	7,17	3,27	12,66	1,24	
625	20	7,16	3,69	12,65	1,46	
630	21	7,01	3,12	12,67	1,05	
635	20	6,79	2,78	12,61	1,16	
640	20	7,05	3,01	12,62	1,14	
645	21	6,98	2,92	12,6	1,6	
650	21	7	4,12	12,78	1,71	
655	20	7,21	3,11	12,7	1,9	
660	21	7,13	3,23	12,67	1,09	
665	21	6,99	3,77	12,76	1,52	
670	21	7,22	3,84	12,76	1,24	
675	20	7,26	3,77	12,7	1,72	
680	21	7,08	3,54	12,68	1,51	
685	22	7,11	4	12,72	1,46	
690	21	7,26	3,75	12,72	1,59	
695	21	6,94	3,92	12,65	1,69	
700	22	6,76	3,7	12,78	1,88	
705	22	6,82	2,89	12,65	1,19	
710	21	7,01	3,12	12,71	1,33	
715	21	6,8	2,92	12,62	1,34	
720	22	6,83	2,93	12,67	1,1	
725	25	6,88	3,33	12,77	1,38	
730	22	7,09	3,77	12,67	1,37	
735	22	7,73	4,16	12,04	1,86	
740	22	6,87	3,95	12,65	1,24	
745	22	6,92	2,88	12,7	1,48	
750	21	7,25	3,73	12,75	1,81	
755	21	7,15	3,91	11,34	0,97	
760	22	7,19	3,52	12,58	1,4	
765	21	7,26	2,88	12,72	1,4	
770	22	6,98	2,9	12,62	1,87	
775	22	6,31	2,86	12,65	0,76	
780	22	6,58	3,02	12,63	1	
785	24	6,9	2,83	12,63	1,05	
790	20	6,63	2,92	12,65	0,95	
795	21	7	3,17	12,63	1,78	
800	20	6,03	3,04	12,31	1,14	
805	20	6,44	2,75	12,71	0,85	
810	20	6,88	3,44	12,61	1,33	
815	20	6,5	3,09	12,65	1,33	

ANEXOS

820	21	6,97	3,5	12,78	1,21	
825	21	7,1	3,24	12,31	1,3	
830	20	7,2	3,3	12,67	1,57	
835	21	6,38	2,75	12,65	1,18	
840	21	6,84	3,02	12,72	1,16	
845	21	6,4	2,97	12,63	1,29	
850	21	6,65	2,74	12,35	0,99	
855	21	6,82	2,61	12,75	1,49	
860	21	7,03	2,9	12,66	1,3	
865	22	6,72	4,39	12,86	1,89	
870	21	6,9	3,66	12,67	1,18	
875	21	6,86	2,81	12,63	1,12	
880	20	6,98	3,02	12,65	1,15	
885	20	7	3,21	12,73	1,26	
890	20	6,23	2,44	12,63	0,81	
895	21	7	3,7	12,73	1,29	
900	23	6,96	2,87	12,72	1,22	12,33
905	17	6,27	2,47	12,58	0,96	
910	19	6,86	2,75	12,54	0,95	
915	19	6,57	2,69	12,6	0,86	
920	20	6,84	2,72	12,65	0,96	
925	20	7,04	3,17	12,71	1,89	
930	22	7,22	3,19	12,68	1,89	
935	21	7,15	3,39	12,69	1,32	
940	21	6,95	3,93	12,74	1,28	
945	22	7,02	3,59	12,74	1,66	
950	21	7,22	3,18	12,8	1,42	
955	21	6,57	3,63	12,66	0,97	
960	22	6,92	3,08	12,62	1,2	
965	22	7,15	3,69	12,33	1,4	
970	22	7,03	3,49	12,63	1,32	
975	21	7,71	2,9	12,67	1,08	
980	21	7,79	4,16	12,82	1,67	
985	22	6,89	3,34	12,76	1,39	
990	20	7,87	3,16	12,77	1,15	
995	23	6,87	2,87	12,65	1,39	
1000	22	6,85	2,99	12,74	1,04	
1005	21	6,85	2,88	12,64	1,56	
1010	22	7,13	3,9	12,92	1,99	
1015	21	6,84	3,01	12,68	1,78	
1020	20	6,85	3,08	12,71	0,99	
1025	21	6,36	2,7	12,63	1,08	
1030	20	6,99	3,12	12,65	1,21	
1035	20	6,35	2,4	12,65	0,93	
1040	20	6,42	2,89	12,07	1,29	
1045	20	6,74	2,79	12,68	1	
1050	20	6,74	2,98	12,64	0,87	
1055	20	6,54	2,31	12,62	0,98	
1060	21	6,49	3,23	12,7	1,33	
1065	19	6,94	2,61	12,64	1,1	
1070	20	6,45	2,7	12,6	0,97	
1075	20	6,29	2,52	12,67	0,81	
1080	20	6,91	2,59	12,64	0,89	
1085	19	6,66	2,8	12,62	1,03	
1090	20	6,61	2,98	12,63	0,98	
1095	18	6,49	2,48	12,67	0,88	

ANEXOS

1100	20	6,66	2,89	12,62	1,03	
1105	21	6,72	2,57	12,6	0,98	
1110	21	6,68	2,87	12,65	0,99	
1115	20	6,6	3,29	12,64	1,06	
1120	21	7,03	3,02	12,68	1,1	
1125	20	6,27	2,4	12,54	0,95	
1130	20	6,34	2,4	12,65	0,77	
1135	20	6,31	2,31	12,61	0,94	
1140	20	6,09	2,47	12,69	0,84	
1145	20	6,99	2,79	12,67	0,94	
1150	19	6,14	2,58	12,6	0,79	
1155	20	6,31	2,28	12,67	0,77	
1160	19	6,94	2,43	12,62	0,71	
1165	18	6,39	2,44	12,61	0,89	
1170	20	6,73	2,46	12,65	0,89	
1175	20	6,31	2,42	12,58	0,7	
1180	18	6,18	2,22	12,6	0,89	
1185	18	6,41	2,51	12,62	0,75	
1190	19	6,28	2,36	12,68	0,73	
1195	18	6,53	2,56	12,57	0,89	
1200	18	6,46	2,82	12,6	0,85	12,35
1205	16	5,78	1,84	12,47	0,59	
1210	17	5,43	2,82	12,46	0,52	
1215	18	5,93	2,11	12,5	0,63	
1220	18	6,46	2,56	12,56	0,7	
1225	18	6,35	2,63	12,57	0,89	
1230	19	6,47	2,22	12,54	0,75	
1235	19	6,94	2,49	12,6	0,83	
1240	19	6,26	2,19	12,6	0,69	
1245	19	6,49	2,68	12,61	0,85	
1250	19	6,43	2,43	12,61	0,69	
1255	21	5,91	2,21	12,55	0,65	
1260	18	6,43	2,4	12,57	0,74	
1265	20	6,43	2,61	12,61	0,82	
1270	19	6,53	2,34	12,63	0,78	
1275	20	6,3	2,14	12,57	0,78	
1280	18	6,48	2,29	12,59	0,68	
1285	18	6,29	2,32	12,59	0,74	
1290	19	4,97	1,72	12,56	0,85	
1295	17	6,11	2,23	12,55	0,69	
1300	18	6,43	2,46	12,57	0,74	
1305	19	6,6	2,71	12,57	0,85	
1310	19	6,34	2,49	12,63	0,88	
1315	19	6,24	1,92	12,57	0,9	
1320	18	6,13	2,23	0,69	12,57	
1325	18	6,13	2,26	12,58	0,7	
1330	18	6,19	2,41	12,55	0,77	
1335	19	6,15	2,29	12,58	0,87	
1340	19	6,26	2,33	12,57	0,68	
1345	18	6,4	2,39	12,6	0,8	
1350	18	6,03	2,21	12,56	0,69	
1355	19	6,29	2,15	12,55	0,77	
1360	18	6,11	2,17	12,57	0,66	
1365	18	5,95	2,09	12,56	0,65	
1370	18	6,3	2,22	11,57	0,6	
1375	18	6,29	2,28	12,09	0,56	

ANEXOS

1385	19	6,15	2,27	12,54	0,69	
1390	19	5,96	2,37	12,54	0,68	
1395	18	6,51	2,63	12,6	0,82	
1400	19	6,24	2,43	12,68	0,74	
1405	19	6,44	2,54	12,6	0,72	
1410	17	6,04	2,15	2,18	0,57	
1415	19	6,63	2,59	12,6	0,88	
1420	19	6,36	2,41	12,59	0,71	
1425	18	6,32	2,18	12,57	0,66	
1430	19	6,53	2,6	12,61	0,91	
1435	19	6,15	2,21	12,6	0,74	
1440	19	6,13	2,22	12,5	0,69	
1445	19	6,18	2,35	12,54	0,75	
1450	19	5,96	2,33	12,57	0,73	
1455	19	6,21	2,15	12,6	0,62	
1460	19	6,45	2,28	12,57	0,72	
1465	19	5,75	2,87	12,57	0,85	
1470	20	6,34	2,35	12,64	0,77	
1475	18	6,46	2,43	12,63	0,93	
1480	18	5,91	2,87	12,6	0,61	
1485	19	6	2,15	12,57	0,63	
1490	19	5,9	2,51	12,59	0,61	
1495	20	5,9	2,33	12,59	0,57	
1500	21	6,7	2,76	12,67	1,08	12,37
1505	17	5,55	1,92	12,49	0,51	
1510	17	5,82	2,03	12,52	0,42	
1515	22	3,99	1,39	12,45	0,4	
1520	19	6,41	2,24	12,61	0,79	
1525	19	5,97	2,07	12,56	0,6	
1530	21	5,95	2,36	12,55	0,61	
1535	18	6,31	2,36	12,58	0,69	
1540	18	4,32	1,86	12,59	0,43	
1545	20	5,39	1,93	12,51	0,59	
1550	17	5,95	2,01	12,56	0,64	
1555	17	5,43	2,28	12,57	0,74	
1560	19	5,82	1,93	12,54	0,53	
1565	18	5,7	2,08	12,57	0,64	
1570	17	5,62	1,78	12,52	0,42	
1575	18	5,53	1,98	12,53	0,46	
1580	17	5,92	2,03	12,52	0,52	
1585	17	5,35	2,02	12,51	0,49	
1590	17	5,99	1,96	12,51	0,48	
1595	18	5,86	2,01	12,55	0,56	
1600	16	5,67	1,96	12,54	0,59	
1605	17	5,55	1,75	12,52	0,52	
1610	18	6,02	2,02	12,56	0,59	
1615	18	6,06	2,01	12,54	0,76	
1620	20	5,55	2,82	12,55	0,59	
1625	17	6,04	2,2	12,65	0,66	
1630	17	5,89	2,14	12,56	0,57	
1635	19	5,73	1,89	12,57	0,51	
1640	18	6,28	2,22	12,59	0,55	
1645	18	6,12	2,03	12,55	0,59	
1650	17	6,06	2,22	12,5	0,69	
1655	17	5,47	1,96	12,59	0,47	
1660	17	5,65	1,74	12,52	0,44	

ANEXOS

1665	18	5,95	1,85	12,54	0,48	
1670	17	5,56	1,93	12,58	0,53	
1675	18	5,96	2,22	12,53	0,45	
1680	18	5,76	1,99	12,54	0,55	
1685	17	5,51	2,22	12,54	0,52	
1690	17	5,85	1,99	12,55	0,54	
1695	18	5,69	1,76	12,52	0,52	
1700	16	5,57	1,67	12,54	0,42	
1705	16	5,32	1,82	12,54	0,47	
1710	16	5,42	1,8	12,52	0,4	
1715	16	5,54	1,89	12,53	0,55	
1720	17	5,85	2,005	12,53	0,53	
1725	19	5,43	1,64	12,52	0,53	
1730	16	5,33	1,66	12,53	0,41	
1735	16	5,09	1,77	12,5	0,45	
1740	15	4,91	1,31	12,49	0,37	
1745	15	4,79	1,51	12,48	0,34	
1750	19	5,4	1,76	12,48	0,44	
1755	14	4,62	1,47	12,47	0,34	
1760	16	5,19	1,64	12,48	0,38	
1765	18	5,3	1,69	12,5	0,39	
1770	19	5,34	1,91	12,57	0,53	
1775	19	5,79	2,12	12,54	0,57	
1780	18	5,47	1,98	12,52	0,54	
1785	16	6,14	2,29	12,57	0,65	
1790	17	5,77	2,16	12,55	0,62	
1795	17	6,05	2,16	12,57	0,59	
1800	16	5,92	1,85	12,52	0,47	12,35

Datos correspondientes al capítulo 6.3.2: Dos baterías de 12V y 9Ah conectadas en serie con 15V en total						
Tiempo (s)	Velocidad (km/h)	Vgen	A gen	Vbatt	A batt	Vbatt
0	0	0	0	15,09		15,09
5	14	4,88	1,24	15,62	0,14	
10	17	5,71	1,33	15,65	0,16	
15	17	6,92	1,63	16,17	0,23	
20	18	6,57	1,65	16,24	0,21	
25	16	6,88	1,57	16,19	0,2	
30	17	6,17	1,51	16,21	0,23	
35	16	7,13	1,68	16,39	0,24	
40	17	6,29	1,72	16,21	0,21	
45	16	6,44	1,77	16,42	0,23	
50	17	6,44	1,71	16,55	0,23	
55	16	7,32	1,73	16,51	0,26	
60	17	6,35	1,71	16,6	0,22	
65	17	6,78	1,53	16,4	0,16	
70	17	7,15	1,44	16,9	0,16	
75	16	5,93	1,7	16,48	0,17	
80	17	6,2	1,51	15,5	0,17	
85	18	6,77	1,64	16,54	0,22	
90	17	7,36	1,85	16,48	0,26	
95	19	6,1	1,55	16,59	0,19	
100	19	6,52	1,61	16,66	0,18	
105	18	7,1	1,51	16,62	0,22	
110	19	5,92	1,82	16,84	0,25	
115	16	6,82	1,43	16,84	0,24	
120	16	7,2	1,53	16,82	0,18	
125	19	6,97	1,78	17,01	0,24	
130	19	6,68	1,42	16,89	0,15	
135	16	6,24	1,6	16,96	0,14	
140	16	7,25	1,62	17,08	0,16	
145	16	5,91	1,63	17,1	0,17	
150	16	6,81	1,48	16,94	0,17	
155	18	6,15	1,62	16,93	0,14	
160	18	6,94	1,7	17,14	0,21	
165	15	5,79	1,49	17,14	0,2	
170	16	6,62	1,63	17,1	0,22	
175	17	6,58	1,66	17,18	0,14	
180	17	6,12	1,68	17,24	0,16	
185	18	7,7	1,59	17,29	0,22	
190	17	6,19	1,77	17,38	0,17	
195	17	6,22	1,78	17,3	0,23	
200	18	6,63	1,71	17,31	0,17	
205	16	6,91	1,64	17,28	0,18	
210	18	6,58	1,7	17,6	0,23	
215	18	5,74	1,44	17,43	0,15	
220	18	6,97	1,77	17,44	0,26	
225	17	7,09	1,55	17,48	0,17	
230	19	7,24	1,89	17,45	0,23	
235	17	7,11	1,55	17,55	0,18	
240	17	6,92	1,59	17,56	0,25	
245	16	7,07	1,76	17,58	0,22	
250	18	7,21	1,75	17,43	0,19	

ANEXOS

255	17	5,59	1,35	17,53	0,13	
260	16	6,29	1,88	17,64	0,17	
265	19	6,8	1,39	17,6	0,12	
270	16	5,93	1,56	17,48	0,17	
275	18	6,83	1,42	17,43	0,16	
280	18	6,59	1,54	17,62	0,18	
285	18	5,91	1,55	17,54	0,15	
290	17	6,51	1,88	17,78	0,23	
295	18	7,28	1,76	17,76	0,19	
300	17	6,92	1,65	17,76	0,19	16,61
305	15	9,98	1,41	17,17	0,23	
310	16	6,13	1,8	17,45	0,28	
315	19	5,34	1,56	17,18	0,12	
320	18	6,68	1,86	17,55	0,26	
325	18	7,43	1,68	17,57	0,26	
330	19	6,42	1,65	17,7	0,21	
335	21	6,6	1,66	17,7	0,26	
340	20	7,49	1,79	17,83	0,24	
345	20	7,89	1,92	17,89	0,26	
350	19	7,49	1,77	17,14	0,22	
355	19	8,5	1,92	18,06	0,35	
360	20	8,92	1,85	18,19	0,25	
365	19	7,83	1,87	17,98	0,24	
370	19	7,95	1,94	17,98	0,3	
375	18	7,06	1,83	18,02	0,26	
380	21	7,31	1,68	18,11	0,26	
385	20	7,13	1,8	17,98	0,2	
390	21	6,88	1,9	18,11	0,24	
395	18	7,55	1,81	18,12	0,23	
400	21	6,75	1,76	17,98	0,24	
405	19	6,75	1,67	18,11	0,23	
410	19	7,42	1,87	18,12	0,21	
415	19	7,5	1,73	18,13	0,18	
420	18	6,68	1,61	18,11	0,19	
425	19	6,48	1,8	18,13	0,28	
430	17	7,15	1,97	18,39	0,3	
435	18	7,74	1,83	18,25	0,27	
440	20	7,1	1,88	18,25	0,29	
445	19	7,35	1,85	18,31	0,19	
450	20	6,74	1,89	18,24	0,19	
455	20	6,87	1,62	18,15	0,23	
460	17	6,45	1,88	18,25	0,23	
465	19	7,89	1,63	18,29	0,21	
470	19	6,73	1,79	18,38	0,23	
475	18	7,9	1,81	18,34	0,26	
480	19	7,74	1,8	18,37	0,22	
485	19	7,75	1,91	18,42	0,19	
490	20	6,63	1,88	18,25	0,29	
495	18	7,35	1,72	18,23	0,23	
500	18	6,45	1,84	18,36	0,24	
505	20	7,04	1,8	18,44	0,2	
510	18	7,66	1,51	18,42	0,17	
515	18	7,34	1,86	18,33	0,28	
520	19	6,59	1,66	18,35	0,2	
525	18	7,55	1,81	18,42	0,19	
530	18	6,67	1,65	18,49	0,21	

ANEXOS

535	17	7,75	1,87	18,351	0,27	
540	21	6,4	1,53	18,45	0,26	
545	18	5,74	1,9	18,44	0,26	
550	19	7,82	1,8	18,53	0,27	
555	20	7,76	1,86	18,48	0,21	
560	18	7,16	1,8	18,6	0,25	
565	20	7,3	2	18,44	0,29	
570	19	6,92	1,81	18,56	0,21	
575	20	7,61	1,82	18,79	0,22	
580	20	7,84	1,86	18,6	0,26	
585	20	6,91	1,76	18,7	0,24	
590	21	6,91	1,89	18,63	0,24	
595	20	7,54	1,75	18,63	0,24	17,55
600	14	9,97	1,39	17,46	0,12	
605	16	7,34	1,87	17,82	0,25	
610	19	7,51	1,77	18,89	0,28	
615	20	8,21	1,82	17,95	0,26	
620	20	7,65	1,9	18,1	0,27	
625	20	8,09	2,04	18,21	0,29	
630	20	8,22	2,07	18,16	0,31	
635	19	7,83	1,9	18,19	0,26	
640	20	7,61	1,94	18,36	0,28	
645	24	8,05	2,17	18,46	0,33	
650	21	7,1	2,01	18,45	0,28	
655	21	7,94	1,98	18,49	0,33	
660	22	7,05	1,92	18,37	0,26	
665	19	7,22	1,8	18,42	0,29	
670	22	7,32	1,87	18,65	0,26	
675	21	7,56	2	18,1	0,27	
680	22	7,67	1,81	18,54	0,21	
685	21	7,97	2,09	18,7	0,28	
690	22	7,8	1,86	18,57	0,25	
695	18	7,95	2,08	18,7	0,25	
700	20	7,36	1,86	18,8	0,3	
705	19	7,97	2,04	18,72	0,31	
710	20	7,95	2,05	18,73	0,27	
715	23	6,96	1,91	18,78	0,24	
720	22	7,73	1,8	18,7	0,25	
725	22	6,82	1,94	18,67	0,24	
730	21	7,58	1,98	18,87	0,3	
735	21	6,83	1,85	18,81	0,26	
740	21	7,24	1,75	18,84	0,28	
745	20	7,65	1,93	18,92	0,25	
750	20	7,01	1,82	18,89	0,28	
755	21	7,95	2,06	19,06	0,3	
760	20	7,18	2,02	18,93	0,24	
765	21	7,83	1,78	18,94	0,23	
770	21	7,97	1,9	18,98	0,31	
775	20	8,79	2,02	18,9	0,31	
780	20	7,42	1,97	19,06	0,31	
785	24	8,29	2,01	19,97	0,29	
790	20	7,54	2,02	19,13	0,26	
795	20	7,67	1,77	19,07	0,24	
800	21	7,65	1,9	19	0,3	
805	21	8,37	1,96	19,09	0,27	
810	20	7,05	1,87	19,03	0,28	

ANEXOS

815	20	8,29	2,04	19,14	0,28
820	21	7,38	1,91	19,2	0,32
825	21	9,09	2,06	19,22	0,3
830	21	8,96	2,03	19,34	0,37
835	20	7,26	2,08	19,14	0,29
840	20	8,47	2,01	19,26	0,3
845	20	7,39	2,08	19,13	0,24
850	21	6,93	2,82	19,14	0,32
855	20	7,5	1,93	19,24	0,28
860	21	7,94	1,83	19,17	0,29
865	21	7,34	1,89	19,29	0,27
870	20	8,95	1,83	19,14	0,3
875	20	7,07	2	19,26	0,26
880	19	7,15	1,78	19,18	0,24
885	20	7,76	1,87	19,07	0,27
890	19	7,71	1,89	19,14	0,25
895	21	7,11	1,84	19,15	0,26
900	20	7,96	1,99	19,11	0,28

ANEXOS

Datos correspondientes al capítulo 6.3.3: Una batería de 12V y 7Ah con dos resistencias conectadas en paralelo entre sí, cada una de 4,7Ω. Con una tensión inicial de 12,3V							
Tiempo (s)	Velocidad (km/h)	Vgen	Agen	Ar	A batt	Vbatt	V batt
0	0	0	0	0	0	12,35	12,3
10	31	13,85	0,23	0	0,4	12,41	
20	30	12,99	0,18	4,21	0,09	11,73	
30	29	12,75	0,03	4,2	0,01	11,77	
40	32	12,53	0,89	4,24	1,13	11,83	
50	31	13,99	0,93	4,23	1,17	11,86	
60	31	13,54	0,68	4,21	0,4	11,8	
70	32	13,81	1,31	4,24	1,41	11,87	
80	32	13,84	1,12	4,2	0,51	11,84	
90	29	13,51	0,28	4,2	0,2	11,76	
100	28	12,75	0,12	4,18	0,1	11,76	
110	29	12,03	0,04	4,18	0,03	11,75	
120	28	12,43	0,42	4,19	0,29	11,76	
130	31	12,82	0,17	4,18	0,13	11,75	
140	31	12,73	0,16	4,18	0,34	11,76	
150	29	12,47	0,02	4,18	0,08	11,73	
160	29	12,86	0,03	4,18	0,05	11,73	
170	32	12,98	0,53	4,19	0,48	11,76	
180	33	14	1,2	4,22	0,99	11,82	
190	30	13,04	0,84	4,18	0,3	11,76	
200	32	14,15	1,64	4,21	1,61	11,83	
210	33	13,67	1,53	4,23	1,83	11,83	
220	33	14,16	2,27	4,23	1,39	11,82	
230	32	13,75	1,34	4,2	1,16	11,77	
240	33	13,55	1,3	4,22	1,89	11,82	
250	32	13,72	1,44	4,2	0,94	11,8	
260	31	13,73	0,72	4,18	0,74	11,77	
270	32	14,05	1,39	4,21	0,88	11,76	
280	32	13,65	1,01	4,19	0,89	11,76	
290	32	13,78	0,66	4,17	0,89	11,73	
300	32	13,58	1,86	4,21	1,98	11,82	
310	32	13,57	1,2	4,18	1,02	11,76	
320	32	13,82	1,38	4,19	1,43	11,77	12,2
330	34	13,53	1,37	4,2	1,17	11,8	
340	13	0	0	0	-0,01	12,21	
350	31	12,41	0,04	3,53	0,04	11,95	
360	31	13,77	0,38	4,17	0,55	11,72	
370	33	13,87	1,27	4,19	0,82	11,72	
380	32	13,72	1,48	4,21	1,65	11,73	
390	34	13,48	2,38	4,27	2,17	11,89	
400	33	13,81	2,23	4,19	1,97	11,72	
410	32	13,54	1,59	4,21	1,4	11,82	
420	33	13,62	2,18	4,21	2,13	11,8	
430	34	13,5	2,39	4,22	2,42	11,81	
440	32	13,5	1,89	4,2	1,83	11,81	
450	32	13,14	1,42	4,2	1,47	11,8	
460	35	13,45	2,22	4,21	2,07	11,79	
470	32	13,6	1,61	4,2	1,83	11,72	
480	33	14,08	2,53	4,21	2,6	11,87	
490	32	13,03	1,37	4,21	1,93	11,82	
500	31	12,92	1,23	4,16	1,89	11,71	
510	32	13,85	2,48	4,22	2,65	11,77	

ANEXOS

520	33	13,86	2,52	4,21	2,76	11,82	
530	32	13,13	1,5	4,2	1,78	11,79	
540	32	13,88	1,37	4,16	1,97	11,74	
550	32	13,68	2,36	4,18	1,46	11,81	
560	30	12,99	0,89	4,14	1,5	11,77	
570	32	13,28	1,84	4,15	0,91	11,7	
580	33	13,85	1,64	4,17	1,83	11,75	
590	33	13,84	2,23	4,15	1,05	11,73	
600	32	13,18	1,26	4,16	1,76	11,72	
610	33	13,96	2,34	4,22	2,32	11,82	
620	32	13,25	2,03	4,19	1,87	11,72	
630	34	13,46	1,83	4,18	1,57	11,75	
640	33	14,05	1,7	4,17	2,14	11,84	12,18
650	31	13,45	0,88	4,17	0,94	11,72	
660	31	13,52	1,48	4,17	1,44	11,73	
670	32	12,9	1,46	4,15	1,4	11,72	
680	33	13,34	2,02	4,19	1,96	11,77	
690	32	13,89	2,51	4,18	2,89	11,81	
700	33	13,88	1,64	4,16	1,48	11,77	
710	33	13,28	2,05	4,17	1,71	11,75	
720	33	13,66	2,21	4,17	1,82	11,72	
730	34	13,9	2,19	4,18	1,81	11,8	
740	32	13,62	1,22	1,14	1,26	11,7	
750	32	13,51	1,48	4,14	1,91	11,73	
760	32	13,08	1,13	4,15	1,86	11,71	
770	32	13,59	1,32	4,15	1,45	11,72	
780	33	12,23	1,32	4,13	1,81	11,68	
790	32		1,55	4,15	1,71	11,72	
800	30	13,13	0,86	4,12	0,76	11,6	
810	32	12,87	1,12	4,15	1,87	11,65	
820	34	13,13	1,25	4,15	1,65	11,67	
830	33	12,59	1,35	4,12	0,82	11,62	
840	31	13,14	1,49	4,12	0,93	11,63	
850	31	12,56	0,69	4,12	1,26	11,62	
860	32	13	1,62	4,15	1,15	11,68	
870	33	13,59	0,96	4,11	1,12	11,63	
880	30	12,18	0,33	4,09	0,61	11,54	
890	30	12,02	0,29	4,07	0,2	11,59	
900	32	10,12	1,09	4,12	0,98	11,63	
910	31	13,03	1,49	4,1	1,89	11,6	
920	30	13,03	1,01	4,08	0,98	11,57	
930	31	12,81	0,44	4,08	0,39	11,54	
940	31	13,21	1,98	4,11	1,98	11,63	12,12
950	31	12,6	0,96	4,1	0,76	11,58	
960	30	13,07	0,73	4,12	0,6	11,58	
970	32	13,37	1,16	4,13	0,94	11,57	
980	33	13,12	0,68	4,12	0,86	11,65	
990	34	13,21	1,66	4,14	1,08	11,65	
1000	31	13,27	1,32	4,1	0,77	11,57	
1010	32	13,01	0,33	4,08	0,95	11,56	
1020	30	13,02	0,79	4,09	0,9	11,54	
1030	31	13,3	1,56	4,12	1,69	11,66	
1040	31	12,99	1,71	4,11	1,39	11,61	
1050	31	12,71	1,33	4,1	0,7	11,57	
1060	31	12,85	1,47	4,08	0,81	11,52	
1070	31	13,43	1,75	4,12	1,29	11,57	

ANEXOS

1080	33	13,18	1,89	4,09	1,34	11,58	
1090	31	13,5	1,71	4,11	1,54	11,53	
1100	33	13,34	1,61	4,08	1,19	11,53	
1110	31	13,48	1,83	4,11	1,76	11,56	
1120	34	13,17	1,41	4,09	1,5	11,52	
1130	33	13,01	1,42	4,09	1,57	11,55	
1140	32	13,44	2,28	4,14	2,23	11,64	
1150	30	13,07	0,86	4,05	0,9	11,51	
1160	32	13,16	0,68	4,08	0,7	11,5	
1170	33	12,56	0,95	4,05	0,94	11,47	
1180	32	13,19	1,41	4,06	1,31	11,43	
1190	30	13,41	1,63	4,07	1,34	11,57	
1200	33	12,52	1,09	4,07	0,88	11,49	
1210	31	9,57	1,17	4,06	1,34	11,51	
1220	32	13,18	1,07	4,07	0,98	11,47	
1230	31	10,61	0,36	4,04	0,88	11,42	12,03
1240	31	12,33	0,73	4,02	0,99	11,41	
1250	30	12,65	0,61	4,05	0,72	11,44	
1260	32	12,61	1,13	4,09	0,92	11,5	
1270	31	12,92	1,13	4,08	1,22	11,51	
1280	33	13,04	1	4,07	0,87	11,44	
1290	31	12,81	0,85	4,06	0,81	11,92	
1300	33	13,24	1,56	4,09	1,57	11,52	
1310	31	11,25	1,27	4,08	1,21	11,42	
1320	31	12,87	1,29	4,06	1,07	11,41	
1330	33	12,89	1,05	4,05	1,07	11,4	
1340	30	12,91	0,73	4,03	1,02	11,35	
1350	31	12,94	0,64	4,01	1,08	11,36	
1360	30	12,33	0,66	4,01	0,95	11,31	
1370	31	13,09	0,75	4,01	0,77	11,25	
1380	29	12,33	1,08	3,98	0,82	11,28	
1390	30	12,56	0,98	4,01	1,42	11,24	
1400	31	12,29	0,97	3,99	1,15	11,23	
1410	29	12,11	1,09	3,98	1,21	11,2	
1420	30	12,29	0,67	3,91	0,9	10,97	
1430	30	12,78	1,37	3,99	1,35	10,95	
1440	31	12,38	1,68	3,88	1,12	10,86	
1450	30	11,71	1,4	3,84	0,91	10,88	
1460	31	12,1	1,17	3,82	1,38	10,72	
1470	31	12,09	1,49	3,77	1,17	10,69	
1480	31	7,66	1,64	3,78	1,69	10,71	
1490	31	12,08	1,75	3,82	1,87	10,72	
1500	31	12,14	1,49	3,77	1,73	10,59	
1510	30	12,27	1,94	3,78	1,97	10,42	
1520	29	11,53	1,41	3,64	1,34	10,27	
1530	29	11,76	1,41	3,67	1,42	10,31	11,93
1540	29	11,95	1,67	3,64	1,63	10,33	
1550	29	12,21	0,05	3,91	0,02	11,55	
1560	29	12,15	0,69	3,98	0,45	11,23	
1570	29	12,75	0,98	3,98	1,28	11,17	
1580	29	12,26	0,69	3,9	0,69	10,96	
1590	30	12,15	0,93	3,8	0,45	10,85	
1600	29	11,57	0,91	3,77	0,78	10,61	
1610	29	12,07	1,19	3,66	1,17	10,41	
1620	29	12,03	1,21	3,67	1,18	10,31	
1630	29	12,09	1,59	3,64	1,37	10,35	

ANEXOS

1640	29	11,72	1,27	3,61	1,4	10,26	
1650	31	11,55	1,48	3,67	1,65	10,13	
1660	30	11,47	1,93	3,64	1,97	10,28	
1670	29	11,3	1,72	3,5	1,31	9,85	
1680	28	10,99	0,87	3,42	1,38	9,7	
1690	27	10,78	0,72	3,44	1,2	9,6	
1700	28	11,45	1,01	3,37	1,27	9,61	
1710	27	11,26	0,9	3,38	1,34	9,34	
1720	28	11,07	1,32	3,35	1,24	9,44	
1730	27	11,31	1,33	3,33	1,45	9,26	
1740	27	11,41	1,98	3,46	1,31	9,52	
1750	28	10,57	1,07	3,37	1,56	9,32	
1760	27	10,24	0,78	3,22	1,07	9,26	
1770	27	10,7	1,65	3,29	1,5	9,36	
1780	27	10,39	1,34	3,25	1,98	9,36	
1790	26	11,24	1,59	3,26	1,54	9,35	
1800	28	11,35	1,6	3,3	1,59	9,21	
1810	27	10,58	1,89	3,29	1,66	9,22	
1820	27	11,47	1,99	3,39	2,04	9,44	
1830	28	11,26	1,66	3,3	1,43	9,29	
1840	27	11,28	1,52	3,22	1,1	9,23	11,87
1850	27	11,71	1,89	3,34	1,72	9,34	

Datos correspondientes al capítulo 6.3.4: Una batería de 12V y 7Ah con una tensión inicial de 12,12V conectada a un cargador de baterías de móvil cargando una batería de 3,7V con una carga inicial de 3,37V.									
Tiempo (s)	Velocidad (km/h)	Vgen	Agen	Vb	A_entr carg	A_sal carg	Vb_Li	V bat1	V bat2
0	0	0	0	12,12	0	0	3,37	12,12	3,37
10	29	13,2	0,38	12,04	0,46	0,93	3,84		
20	28	12,87	0,4	12,03	0,46	0,92	3,91		
30	28	12,81	0,38	11,99	0,46	0,9	4		
40	29	12,96	0,1	12	0,46	0,9	4,01		
50	29	12,25	0,08	12,01	0,46	0,89	4,06		
60	30	12,74	0,29	12,01	0,46	0,88	4,11		
70	29	12,37	0,28	11,99	0,45	0,87	4,13		
80	29	12,68	0,08	11,97	0,45	0,86	4,15		
90	28	12,69	0,04	11,97	0,474	0,85	4,15		
100	29	12,77	0,21	11,96	0,44	0,85	4,16		
110	27	12,83	0,07	11,98	0,44	0,84	4,16		
120	30	13,21	0,08	11,98	0,44	0,83	4,17		
130	27	12,65	0,09	11,97	0,43	0,83	4,17		
140	29	12,81	0,03	11,96	0,43	0,82	4,17		
150	28	12,81	0,08	11,94	0,43	0,82	4,17		
160	29	12,43	0,36	11,97	0,43	0,81	4,18		
170	29	13,2	0,15	12	0,42	0,81	4,18		
180	31	13,01	0,49	12,05	0,42	0,8	4,19		
190	32	12,87	0,22	11,98	0,42	0,8	4,19		
200	31	12,82	0,06	11,98	0,42	0,79	4,19		
210	29	13,23	0,35	11,98	0,42	0,79	4,2		
220	31	12,49	0,07	11,97	0,41	0,79	4,22		
230	30	12,84	0,5	12,01	0,41	0,78	4,22		
240	31	12,78	0,34	12	0,41	0,78	4,22		
250	31	12,89	0,16	12	0,41	0,78	4,22		
260	32	13,05	0,42	12,06	0,41	0,78	4,23		
270	32	12,61	0,38	12,04	0,41	0,77	4,23		
280	31	12,47	0,1	11,95	0,4	0,77	4,24		
290	31	12,63	0,14	11,99	0,4	0,77	4,24		
300	32	12,59	0,37	12,01	0,4	0,77	4,25	12,09	3,87
310	28	13,22	0,09	11,98	0,47	0,88	4,15		
320	29	13,03	0,2	11,98	0,46	0,88	4,18		
330	30	13,03	0,17	11,98	0,46	0,87	4,2		
340	29	12,6	0,09	11,95	0,45	0,86	4,22		
350	30	13,31	0,06	11,95	0,45	0,86	4,24		
360	31	12,6	0,4	12,01	0,45	0,85	4,25		
370	39	12,24	0,16	11,93	0,45	0,84	4,26		
380	30	12,23	0,05	11,98	0,44	0,83	4,27		
390	30	12,31	0,04	11,95	0,44	0,83	4,28		
400	30	13,08	0,15	1,98	0,44	0,82	4,28		
410	32	13,49	0,67	12,08	0,42	0,82	4,29		
420	34	13,34	0,33	12,16	0,42	0,81	4,29		
430	33	12,75	0,44	12,17	0,42	0,81	4,29		
440	35	13,08	0,99	12,16	0,42	0,8	4,3		
450	32	13,61	0,88	12,17	0,42	0,8	4,3		
460	32	12,17	0,24	12,15	0,41	0,79	4,3		
470	34	12,87	0,35	12,11	0,41	0,79	4,3		
480	34	12,96	1,03	12,2	0,41	0,78	4,31		
490	32	13,18	0,54	12,19	0,41	0,78	4,31		
500	33	13,37	0,54	12,16	0,41	0,78	4,31		

ANEXOS

510	34	13,22	0,52	12,14	0,41	0,78	4,32		
520	34	13,18	1,08	12,24	0,4	0,77	4,32		
530	33	12,54	0,18	12,13	0,4	0,77	4,32		
540	34	12,99	1,06	12,22	0,4	0,77	4,32		
550	34	13,09	0,66	12,19	0,4	0,77	4,33		
560	31	13,61	0,98	12,19	0,4	0,76	4,33		
570	33	13,02	0,52	12,17	0,4	0,77	4,4		
580	34	12,92	0,48	12,18	0,4	0,76	4,34		
590	33	13,18	0,68	12,18	0,4	0,76	4,34		
600	33	13,13	0,41	12,22	0,4	0,76	4,35	12,11	4,01
610	34	12,29	0,22	12,15	0,4	0,76	4,35		
620	30	13,24	0,17	12,03	0,46	0,87	4,28		
630	29	11,95	0,14	12	0,46	0,85	4,3		
640	30	12,62	0,04	11,98	0,45	0,84	4,32		
650	30	12,81	0,13	11,99	0,45	0,84	4,33		
660	31	13,33	0,16	11,98	0,45	0,83	4,34		
670	29	12,69	0,02	11,95	0,45	0,82	4,35		
680	29	12,29	0,04	11,96	0,44	0,82	4,36		
690	31	13,05	0,27	11,95	0,44	0,81	4,37		
700	31	12,8	0,03	11,95	0,44	0,8	4,37		
710	31	12,86	0,02	11,92	0,49	0,8	4,38		
720	31	12,98	0,34	11,95	0,43	0,79	4,41		
730	33	12,98	0,08	11,99	0,43	0,78	4,41		
740	31	12,47	0,17	11,95	0,42	0,78	4,42		
750	30	12,74	0,04	11,96	0,42	0,78	4,42		
760	29	12,87	0,07	11,94	0,42	0,77	4,43		
770	30	12,44	0,47	11,95	0,42	0,77	4,43		
780	30	12,08	0,07	11,92	0,42	0,77	4,44		
790	29	11,45	0,01	11,92	0,42	0,76	4,45		
800	30	12,89	0,24	11,91	0,42	0,76	4,46		
810	29	11,95	0	11,9	0,42	0,76	4,47		
820	28	11,79	0,14	11,91	0,41	0,76	4,47		
830	29	10,83	0,03	11,9	0,42	0,75	4,48		
840	29	11,12	0,08	11,89	0,42	0,75	4,5		
850	28	11,61	0,06	11,9	0,42	0,75	4,51		
860	29	12,84	0,3	11,92	0,41	0,75	4,52		
870	32	12,79	0,39	11,99	0,41	0,74	4,53		
880	32	12,66	0,43	12	0,41	0,74	4,55		
890	30	12,88	0,52	11,99	0,41	0,75	4,55		
900	32	13,36	0,78	12,02	0,41	0,74	4,56	12,06	4,12
910	26	12,52	0,08	11,96	0,47	0,86	4,38		
920	28	11,85	0,05	11,95	0,46	0,84	4,41		
930	32	12,88	0,39	12,03	0,45	0,82	4,45		
940	32	12,27	0,25	12,02	0,45	0,82	4,49		
950	33	12,91	0,32	11,99	0,44	0,81	4,53		
960	33	12,61	0,43	12,06	0,44	0,8	4,57		
970	32	12,29	0,44	12	0,44	0,79	4,61		
980	33	13,88	0,42	12,1	0,44	0,79	4,65		
990	34	13,46	0,6	12,09	0,44	0,78	4,68		
1000	33	12,97	0,27	12,1	0,44	0,77	4,7		
1010	33	13,08	0,79	12,11	0,43	0,77	4,72		
1020	34	12,52	0,56	12,13	0,43	0,77	4,73		
1030	33	13,07	0,33	12,12	0,43	0,76	4,74		
1040	33	12,19	0,44	12,08	0,43	0,76	4,76		
1050	34	13,22	0,56	12,06	0,43	0,75	4,77		
1060	33	13,42	0,4	12,04	0,43	0,75	4,79		

ANEXOS

1070	32	13,2	0,57	12,08	0,43	0,75	4,8		
1080	33	12,81	0,56	12,1	0,43	0,74	4,82		
1090	34	13,22	0,54	12,18	0,42	0,74	4,83	12,06	4,35
1100	25	11,11	0	11,93	0,48	0,89	4,66		
1110	29	12,53	0,25	11,94	0,48	0,82	4,76		
1120	30	13,13	0,32	11,95	0,47	0,81	4,81		
1130	31	12,79	0,54	12,02	0,47	0,8	4,87		
1140	31	13,34	0,35	12,01	0,47	0,79	4,93		
1150	31	13,23	0,16	11,96	0,47	0,79	4,97		
1160	32	13,14	0,21	12,09	0,47	0,78	5,01		
1170	33	13,08	0,51	12,09	0,47	0,77	5,05		
1180	31	13,34	0,2	11,99	0,47	0,77	5,08		
1190	30	12,16	0,15	11,95	0,46	0,76	5,11		
1200	31	12,25	0,06	11,9	0,47	0,75	5,14		
1210	30	13,08	0,34	11,96	0,46	0,75	5,16		
1220	32	12,97	0,08	11,97	0,46	0,75	5,17		
1230	31	13,14	0,48	11,99	0,46	0,74	5,18		
1240	30	11,33	0,01	11,89	0,46	0,74	5,19		
1250	30	12,32	0,25	11,93	0,46	0,74	5,2		
1260	31	13,32	0,12	11,94	0,45	0,73	5,2		
1270	30	12,69	0,18	11,92	0,45	0,73	5,21		
1280	30	13,84	0,37	11,97	0,45	0,73	5,22		
1290	30	13,15	0,16	11,94	0,44	0,73	5,22		
1300	31	13,02	0,32	11,95	0,44	0,72	5,24		
1310	32	12,86	0,13	11,92	0,44	0,73	5,24		
1320	31	12,03	0,08	11,9	0,44	0,72	5,24		
1330	29	12,97	0,07	11,88	0,44	0,71	5,23		
1340	28	12,79	0,13	11,92	0,44	0,71	5,22		
1350	31	13	0,15	11,94	0,44	0,71	5,21		
1360	31	12,48	0,09	11,93	0,44	0,71	5,2		
1370	31	12,44	0,03	11,91	0,44	0,71	5,2		
1380	30	12,37	0,08	11,89	0,44	0,71	5,19		
1390	29	12,58	0,17	11,98	0,43	0,71	5,18		
1400	31	12,59	0,02	11,95	0,44	0,71	5,18		
1410	30	12,8	0,09	11,96	0,44	0,71	5,2		
1420	31	12,82	0,15	11,93	0,44	0,71	5,19		
1430	29	13,08	0,25	11,94	0,44	0,71	5,19		
1440	31	13,3	0,18	11,98	0,44	0,71	5,19		
1450	29	13,04	0,33	11,94	0,44	0,71	5,19	12,06	4,45