



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

POTABILIZACIÓN DE AGUA APROVECHANDO LA ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA CON BICICLETAS ESTÁTICAS

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO

PRESENTA:

CLEMENTE CRUZ ATENOGENES

DIRECTOR DE TESIS:

DR. GABRIEL LEÓN DE LOS SANTOS

MÉXICO D.F.

2015





Agradecimientos

¡GRACIAS!

A ti, por leer este trabajo de tesis.

A la Universidad Nacional Autónoma de México que me formó desde la educación preparatoria.

A la Facultad de Ingeniería y sus profesores por los cuales este trabajo de tesis tiene sentido.

A ti, por apoyarme, por escucharme, por animarme, por compartir mi momento de vida: abue Paulina, Guille, Chacho, Dr. Juan Manuel, Rubén Mihailo.

Especialmente gracias por haberme formado: mamá María Elena, madrina Guillermina, Quechita, Pina.

A la familia y a mi familia.

A mi complemento: BERE!



Contenido

Objetivo 1
Introducción 1

Capítulo 1. Antecedentes 7

Introducción 7
1.1 Combustibles Fósiles y Medio Ambiente 7
1.2 Energías Renovables 10
1.3 Situación de las energías renovables alternativas en el Mundo y en México 11
1.4 Aspectos que favorecen el desarrollo y fomento de las Energías Renovables 14
1.5 Aspectos que limitan el desarrollo de las Energías Renovables 15
1.6 Gimnasios 16
1.7 Generación eléctrica 25
1.7.1 Funcionamiento de un generador de corriente alterna (CA) 26
1.7.2 Generador de corriente directa (CD) 27
1.8 La purificación del agua 29
1.8.1 Desinfección del agua 29
1.8.1.1 Cloración 29
1.8.1.2 Ozonización 29
1.8.1.3 Luz ultravioleta 30
1.8.2 Filtración 31
Conclusiones 34

Capítulo 2. Propuesta del sistema de generación eléctrica 36

Introducción 36
2.1 Generadores de CA 37
2.1.1 Generador Síncrono 37
2.1.2 Generador de inducción 38
2.2 Generador de CD 40
2.2.1 Generador de CD con inductor bobinado 40
2.2.2 Generador de CD con imanes permanentes 41
2.3 Capacidad de generación eléctrica de una bicicleta estática 46
2.4 Número de bicicletas, días y horas de uso aproximadas 53
2.5 Acoplamiento del generador a la bicicleta estática 56
Conclusiones 58

Capítulo 3. Propuesta del sistema de purificación 60

Introducción 60
3.1 Calidad del agua, filtrado y desinfección 60
3.2 Métodos de purificación del agua 60
3.2.1 Filtración 61
3.2.1.1 Filtro Multimedia 64
3.2.1.2 Filtro de carbón activado 65
3.2.1.3 Filtro suavizador 66
3.2.1.4 Filtro Pulidor 69





3.2.2 Etapa de desinfección	70
3.3 Capacidad y operación de la planta	71
3.4 Proceso de purificación	72
3.5 Sistema autónomo de generación eléctrica	73
3.5.1 Generación Eléctrica (1ª Etapa)	74
3.5.2 Control de carga (2ª Etapa)	75
3.5.2.1 Elección del regulador de carga	76
3.5.3 Banco de baterías (3ª Etapa)	76
3.5.3.1 Capacidad de almacenamiento	77
3.5.3.2 Máxima corriente que puede entregar a la carga	77
3.5.3.3 Profundidad de descarga	77
3.5.3.4 Arreglo de baterías	78
3.5.4 Tratamiento de la energía: Inversor (4ª Etapa)	79
3.5.5 Parámetros característicos de un inversor	80
3.6 Sistema interconectado de generación eléctrica	80
3.6.1 Generación Eléctrica (1ª Etapa)	81
3.6.2 Inversor de interconexión (2ª Etapa)	82
Conclusiones	84

Capítulo 4. Evaluación de la viabilidad económica 87

Introducción	87
4.1 Costos de inversión	87
4.1.1 Inversión Fija	88
4.1.2 Inversión Diferida	89
4.1.3 Capital de Trabajo	89
4.1.4 Inversión total	91
4.2 Calendario de actividades y flujo de efectivo	92
4.3 Análisis de precios	92
4.3.1 Métodos para el cálculo de precios	93
4.4 Resultado económico de la operación del sistema	97
4.5 Indicadores de rentabilidad económicos	102
4.5.1 Valor Presente Neto (VPN)	102
4.5.1.1 VPN para el Escenario 1	104
4.5.1.2 VPN para el escenario 2	105
4.5.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)	105
4.5.2.1 TIR para el Escenario 1	106
4.5.2.2 TIR para el Escenario 2	106
4.6 Fuentes de Financiamiento	107
Conclusiones	109

Conclusiones 110

Recomendaciones 111

Bibliografía 112

Índice de Tablas 116

Índice de Figuras 117

Anexos 118





Aprovechamiento
de la energía
eléctrica generada
con bicicletas
estáticas para
Purificar agua



Aprovechamiento de la energía eléctrica generada con bicicletas estáticas para Purificar agua

Objetivo:

Estudiar las características de funcionamiento de los gimnasios y hábitos de uso de las bicicletas estáticas para conocer el potencial de generación de energía eléctrica al acoplarles una máquina generadora eléctrica, y con ello proponer, evaluar técnica y económicamente un sistema de purificación de agua que sea alimentado con la energía eléctrica que produzcan los usuarios al ejercitarse en las bicicletas estáticas.

Introducción

La energía desempeña un papel fundamental en el desarrollo humano: cocción de alimentos, vestido apropiado, transporte, vivienda, esparcimiento entre otras acciones que la energía manifestada ya sea en forma de calor, eléctrica, motriz u otra nos permite tener una vida benéfica y productiva, recordando además que la vida en la tierra se debe y se sostiene, entre otros factores, por la energía.

Se ha calculado¹ que la mayor parte de los aproximadamente 4 millones de años de existencia del ser humano como especie diferenciada, la media de potencia utilizada por persona se mantuvo prácticamente constante hasta apenas hace 200 años en unos 125 [W] por día o 2600 [kCal] diarias. Actualmente el promedio de energía que necesita una persona diario para realizar sus actividades es de 224 000 [kCal].

Después de La Revolución Industrial iniciada en Inglaterra a finales del siglo XVIII se tienen dos consecuencias importantes debidas al uso de combustibles fósiles:

1. Nuevas fuentes de energía; el uso de carbón y posteriormente petróleo y sus derivados en los motores de combustión interna, tuvo y tiene aún una gran influencia en toda la industria. El aumento de la población mundial hizo necesario el uso de estos combustibles fósiles por tener mayor densidad de energía, que por ejemplo el carbón vegetal o la madera.
2. Deterioro ambiental; los gases de efecto invernadero (GEI) producto del uso de combustibles fósiles son los mayores responsables del cambio climático y por lo tanto del calentamiento global debido al efecto invernadero.

¹ Gonzáles Velasco Jaime, Energías Renovables, (España: Reverté, 2009), 2





Las fuentes principales de energía actualmente son los combustibles fósiles, siendo más del 85% de la fuente de energía primaria en el mundo y alrededor del 90% en México; el resto proviene de fuentes no fósiles².

Durante las últimas décadas del siglo XX comenzó el auge de la sustentabilidad energética que incluye el uso eficiente de la energía, el ahorro de energía y el uso de las energías renovables. Con la sustentabilidad energética se busca reducir el consumo per capita de energía, reducir la intensidad energética³, propiciar el ahorro de energía y el uso de energías renovables así como reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

El Protocolo de Kyoto es un ejemplo de cómo el mundo por medio de acuerdos económicos ha buscado reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En México se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de noviembre de 2008 la Ley para el aprovechamiento sustentable de la energía y la Ley para el aprovechamiento de las energías renovables y el financiamiento de la transición energética (LAERFTE).

Así como la energía es fundamental para el desarrollo humano, el agua potable constituye un recurso vital de consumo diario para una buena salud.

Aunque el agua es un recurso renovable debido a su ciclo natural, la demanda de agua y su contaminación crece a una tasa mayor que su reciclaje natural.

El agua entubada disponible en el Valle de México no cumple con los requisitos de agua potable al llegar a los centros de consumo porque el agua se contamina durante su distribución o su almacenamiento por lo que las plantas potabilizadoras, como la propuesta en esta tesis, son necesarias y rentables⁴.

Aunado al problema de desabasto de agua potable también existe en el mundo y en México especialmente, el problema de salud pública del sobrepeso y la obesidad debido a factores sociales de comportamiento como la insuficiente actividad física.

Está demostrado y probado que la actividad física, el consumo de agua potable, la alimentación saludable y una actitud prudente y responsable frente a la actividad física, previenen el sobrepeso y la obesidad así como las complicaciones en la salud que estas provocan.

En congruencia con la situación mundial y el panorama en México respecto a la energía y a la salud, se presenta este trabajo de tesis en el que además de proponer

² BP p.l.c, Statistical review of world energy full report, Estadísticas mundiales sobre energía (United Kingdom: BRITISH PETROLEUM 2012), consultado el 2/septiembre/2013 en <http://www.bp.com>

³ Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Depósito de documentos de la FAO, Intensidad energética, (FAO), consultado el 23/04/2015 en <http://www.fao.org/docrep/x5331s/x5331s09.htm>

⁴ Secretaría de Salud, Xochimilco, Milpa Alta y Tláhuac con mayor riesgo por contaminación del agua, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) (Ciudad de México: 2009), consultado el 3/septiembre/2013 en www.cofepris.gob.mx
Revista del consumidor, Reporte especial: Consumo de agua embotellada, (México: PROFECO, 2014), consultado en <http://www.revistadelconsumidor.gob.mx/?p=40822>





utilizar energía renovable, se propone un sistema para obtener agua potable usando la energía eléctrica generada por máquinas rotativas que giran debido a la energía mecánica que proporcionan personas que se ejercitan en bicicletas estáticas.

El *primer capítulo* presenta los antecedentes necesarios para entender porque esta tesis es congruente con las necesidades energéticas y de salud, mundiales y de México.

Son varias las etapas de transformación de energía hasta llegar a la captación de la energía eléctrica que hace funcionar el sistema de purificación del agua.

Una persona ingiere los alimentos que le proporcionan, por transformación química, la energía que necesita su cuerpo para funcionar. Mediante diversos estudios es posible conocer la eficiencia del cuerpo al usar la energía, por ejemplo, la energía que utiliza al ejercitarse en una bicicleta estática.

También se conoce la eficiencia de la bicicleta y por lo tanto la cantidad de energía que se transfiere al disco de inercia.

El acoplamiento mecánico entre la bicicleta y el generador eléctrico, permite transmitir y transformar la energía mecánica rotacional en energía eléctrica. En el sistema eléctrico es donde se presentan las mayores pérdidas de energía: por transformaciones de energía, tratamiento de energía y almacenamiento de energía.

Un buen diseño del sistema del sistema eléctrico de energía, donde las pérdidas se minimicen, es fundamental para tener un sistema eficiente de conversión de energía mecánica humana a eléctrica.

El *segundo capítulo* presenta el estudio de aporte energético aproximado por persona al utilizar la bicicleta y la propuesta de acoplamiento del generador a la bicicleta estática, así como la evaluación de la energía obtenida del sistema bicicleta-generador.

Es un sistema innovador porque normalmente la energía que se invierte para hacer girar los pedales de una bicicleta estática no se utiliza para hacer funcionar un proceso productivo, como en este caso purificar agua.

La purificación de agua utilizará, para llevar a cabo su proceso, la energía eléctrica generada con las bicicletas estáticas, la cual es energía renovable porque proviene de los alimentos que consume la gente que utiliza las bicicletas.

Los alimentos provenientes de fuentes naturales vegetales y animales, contienen energía almacenada en diversas formas químicas provenientes principalmente del proceso de fotosíntesis que los vegetales realizan para convertir la energía de radiación solar en energía química. Por tanto el ciclo de obtención de energía a





partir de los alimentos se renueva constantemente al reproducirse los vegetales y animales comestibles con el aporte energético del sol.

Las personas que utilizarán las bicicletas estáticas además de generar energía eléctrica a través del movimiento de sus piernas también se ejercitarán. Los productos finales de todo este sistema son personas ejercitadas y agua potable, dos condiciones necesarias para una buena salud.

Aunque queda fuera del alcance de este trabajo de tesis el analizar si el presente es un proyecto sustentable, se considera que es un proyecto con tendencia hacia la sustentabilidad, porque llega un momento en que las bicicletas proporcionan la energía eléctrica que necesita la planta purificadora de agua y “deja de utilizar” en proporción la energía eléctrica suministrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Para que el agua se considere potable debe ser apta para consumo humano, esto es, que tenga tres atributos fundamentales de calidad:

- Mínima concentración normalizada⁵ de compuestos o elementos químicos dañinos para la salud humana.
- Mínimo contenido normalizado⁶ de microorganismos nocivos para la salud humana.
- Sabor, olor, color y textura agradable a los sentidos.

Para obtener agua apta para consumo humano de calidad se utilizan diversos métodos de potabilización en conjunto.

El *tercer capítulo* muestra el proceso de potabilización usando múltiples etapas de filtración y dos etapas de desinfección.

Es importante mencionar que en este trabajo de tesis se utilizan indistintamente las palabras “agua potable” y “agua purificada” aunque hablando estrictamente no significan lo mismo. Cuando se habla de agua potable se entiende que es un agua que cumple con las tres características de calidad y es apta para consumo humano. El agua potable puede contener algunos minerales y microorganismo disueltos que no influyen negativamente en la salud del ser humano.

Cuando se habla estrictamente de agua purificada se entiende que es agua que no contiene disuelto ningún tipo de mineral ni microorganismo, compuestos químicos y ningún elemento químico distinto a los que componen el agua, esto es que, es agua que solo contiene moléculas de agua. El agua pura o purificada no es apta para

⁵ Norma Oficial Mexicana. NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Norma Oficial Mexicana. NOM-160-SSA1-1995. Bienes y servicios. Buenas prácticas para la producción y venta de agua purificada.

⁶ *Ibidem*





consumo frecuente por humanos porque no contiene los minerales que naturalmente el agua contiene para ser consumida por el ser humano.

El *cuarto capítulo* evalúa la parte económica del proyecto: inversión, operación, mantenimiento, ganancias y posibles esquemas de financiamiento.





Capítulo 1



Antecedentes





Capítulo 1. Antecedentes

Introducción

Este primer capítulo presenta un panorama sobre los combustibles fósiles, el daño que ocasionan al medio ambiente y sobre el uso de energías renovables, en donde se expondrá su situación actual en el mundo y en México.

Se presenta a las bicicletas estáticas como máquinas diseñadas para ejercitarse simulando el movimiento de una bicicleta y la posibilidad de usarlas para generar energía eléctrica renovable acoplando un generador eléctrico a su disco de inercia, que al girar y estando en contacto con el eje del generador se convierte la energía mecánica de rotación en energía eléctrica.

Se explican los procesos más usados para potabilizar o purificar agua y sus características.

1.1 Combustibles Fósiles y Medio Ambiente

Fue a finales del año de 1973 cuando inicio en el mundo la llamada primera crisis del petróleo, debida al aumento en el precio del crudo por parte de La Organización de Países Exportadores de Petróleo (integrada en su mayoría por países Árabes), en respuesta a los bajos precios que imponían las grandes empresas petroleras, lo que ocasionó escasez de crudo en muchos países entre los que se encontraba EUA, principal economía del mundo.

Coincidentemente durante la década de 1970 se presentan los primeros cambios perceptibles de clima en el mundo y también se obtienen los primeros resultados de los estudios que demuestran que los clorofluorocarbonos (CFCs), el metano y el ozono⁷ contribuyen en gran medida al efecto invernadero.

Los problemas que se derivan al tener como base del crecimiento económico de un país a los combustibles fósiles son varios: conflictos entre países compradores o consumidores, petrolización de la economía para compensar el déficit en la recaudación fiscal en donde la economía se vuelve vulnerable ante los cambios de precio del petróleo, la dependencia hacia los derivados del petróleo que mantiene el sector transporte y la imposibilidad de cambio de esto en el mediano plazo; también es importante el efecto negativo que tiene sobre el ambiente y la salud humana los residuos resultantes de la quema de combustibles fósiles; el calentamiento global ha encendido los focos rojos por los efectos que tiene sobre el clima y por lo tanto en el desarrollo de los países.

⁷ Gases resultado de la combustión de combustibles fósiles





El principal gas que causa efecto invernadero es el bióxido de carbono CO₂, resultado de la combustión de carbón y petróleo, principales fuentes de energía para las plantas generadoras de electricidad y el transporte, dos sectores que tecnológicamente se encuentran listos para realizar una transición energética pero que, se observan obstáculos por sortear.

Es relevante decir que el gas natural aumenta su aportación año con año a las emisiones mundiales de CO₂ por ser un combustible considerado como “limpio” ya que emite menores cantidades de CO₂ por unidad utilizada que el carbón o el petróleo.

Esta condición hace del gas natural una buena opción, como primer paso, para frenar las emisiones de CO₂, al planear nuevos proyectos de generación eléctrica basados en gas natural.

Al ser el gas natural un recurso no renovable es necesario no abandonar el uso y desarrollo de las energías renovables que en un futuro próximo se complementarán con las fuentes no renovables de energía.

El Protocolo de Kioto es un acuerdo que surge en 1997, que convoca a los países desarrollados y algunos en proceso de desarrollo a que disminuyan sus emisiones de GEI (Gases Efecto Invernadero) con el fin de detener los problemas que provocaría el cambio climático.

México se unió a este acuerdo en 1998 y lo ratificó en el año 2000.

El aprovechamiento sustentable de la energía está definida en México por la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía como “El uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo, incluyendo la eficiencia energética.”

En México se han publicado las siguientes leyes y programas en relación a la sustentabilidad:

- Creación de la Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía en 2008.
- Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de noviembre de 2008.
- Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE), publicada en el DOF el 28 de noviembre de 2008.
- Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 publicado en el DOF día 31 de mayo de 2007, en el que se contempla la promoción del uso eficiente de la energía para el desarrollo sustentable a través de tecnologías que ofrezcan mayor eficiencia energética y ahorros a los consumidores.





- Programa Sectorial de Energía 2007-2012 publicado en el DOF el 21 de febrero de 2008, en el que se establece como objetivo la promoción y producción eficiente de la energía.
- Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, publicado en el DOF el día 27 de noviembre de 2009, con el que se establecen iniciativas sustentables para varios sectores: Iluminación, Equipos del hogar y de inmuebles, Transporte, Cogeneración, Nuevos Edificios y Modernización de Edificios, e Industria.
- Publicación editorial de “Energías Renovables para el desarrollo Sustentable en México” en 2009.
- Publicación de “La Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía” en 2011.
- Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables, este documento da a conocer las políticas públicas que promoverán las energías renovables.
- Ley de Promoción y Desarrollo de lo Bioenergéticos, publicada en el DOF el 1° de Febrero de 2008, la cual busca promover el desarrollo de los bioenergéticos.

En relación a la emisión de GEI, México ha hecho lo siguiente recientemente:

- En el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 se plantea como el objetivo número 10 la reducción de GEI y como el objetivo número 11 el impulso a medidas de adaptación al Cambio Climático.
- Publicación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático en 2007, la cual define las bases para impulsar la reducción de emisiones de GEI y el desarrollo de proyectos para prevenir, evitar, minimizar los efectos del cambio climático
- Inventario Nacional de Emisiones: el proyecto inicio en 1995 y publicó su primer informe en 2005.
- Programa Especial de Cambio Climático: propone las acciones específicas para controlar y reducir las emisiones de GEI así como las medidas de adaptación a los efectos negativos del Cambio Climático.
- Realización del estudio “Implicaciones Económicas del Cambio Climático en México”, que arroja como resultado el ahorro que se tendría en un futuro si se aplican las medidas necesarias para disminuir las emisiones de GEI.- Fondo para el Cambio Climático
- Ley General de Cambio Climático, publicada el 6 de junio de 2012, la cual busca regular la emisión de GEI y compuestos de efecto invernadero para reducir la





vulnerabilidad de la población y los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático.

- Creación del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, prevista en la Ley General de Cambio Climático.
- 4 Comunicados Nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático.

Como puede observarse se han hecho avances para tratar de frenar y disminuir el uso intensivo de los combustibles fósiles pero este consumo al tener la inercia de los años anteriores, tecnología basada principalmente en combustibles fósiles y el aumento poblacional, hace imposible que los países desarrollados y los que están en proceso de desarrollo y crecimiento dejen de utilizarlos en el corto plazo.

En este contexto las energías renovables ocupan un lugar destacado para disminuir la dependencia energética hacia los combustibles fósiles, además de contribuir con la disminución en las emisiones de GEI.

1.2 Energías Renovables

Las Energías Renovables son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que tienen la capacidad de regenerarse naturalmente antes de ser consumidos por la humanidad y se encuentran disponibles de forma continua o periódica, lo que las hace prácticamente inagotables⁸.

La energía proveniente de fuentes renovables como la leña, el viento, el sol, el agua, los animales y el hombre, ha sido usada desde tiempos antiguos para cocinar, calentar, mover máquinas, deshidratar alimentos para conservarlos y para el transporte. Actualmente estas acciones y muchas otras importantes para el desarrollo de los pueblos del mundo tienen como fuente principal la quema de combustibles fósiles: petróleo y sus derivados, carbón mineral, y gas natural. Gracias en parte a estos combustibles se debe el gran avance tecnológico en el mundo por ser la principal fuente para generar energía eléctrica en el planeta.

Como ya se ha mencionado, los combustibles fósiles también han contribuido en gran parte al deterioro ambiental y al deterioro de la paz mundial; es aquí donde las energías renovables vuelven a entrar a escena, después de haber dejado su lugar dominante durante más de 100 años como fuente de energía.

⁸ Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, Diario Oficial de la Federación, (México: 2012), 2





Llevan el nombre de energías renovables por abreviar el de fuentes renovables de energía, porque la energía no es renovable, solo es posible transformarla, lo que si es renovable es la fuente de energía, por ejemplo, en una presa hidráulica es renovable el agua que contiene el embalse de la presa (fuente) y al renovarse esta agua se dispone de energía potencial lista para transformarse en energía mecánica en las turbinas y esta energía mecánica de las turbinas en energía eléctrica en los generadores.

El desarrollo del motor, el generador eléctrico, las turbinas y la teoría sobre materiales fotovoltaicos durante los dos últimos siglos ha permitido el nacimiento de las energías renovables alternativas.

Es necesario mencionar que las energías renovables alternativas mencionadas a continuación cuentan con la suficiente madurez tecnológica por lo que son las más utilizadas a nivel mundial.

- *Fotovoltaica*, que transforma la energía luminosa en energía eléctrica,
- *Solar Térmica*, que utiliza directamente la energía térmica para distintos propósitos y la que transforma la energía térmica de radiación del sol en energía eléctrica,
- *Eólica*, que transforma la energía cinética del viento en energía eléctrica,
- *Biomasa y desechos combustibles*, que se transforma de energía química (biocombustibles) a energía térmica,
- *Oceánica*, que aprovecha los movimientos naturales del agua oceánica convirtiéndolos en energía eléctrica,
- *Geotérmica*, la cual aprovecha los fenómenos térmicos que en la corteza terrestre provoca el calor proveniente del centro de la tierra para convertirlos en electricidad,
- *Hidráulica*, que transforma la energía potencial del agua almacenada en un embalse natural o artificial a energía eléctrica.

La energía renovable mecánica proveniente del esfuerzo físico que un ser vivo utiliza para realizar distintas tareas no se toma en cuenta por ser de bajo impacto energético a escala global, aunque esta tesis precisamente trata sobre este tipo de energía renovable.

1.3 Situación de las energías renovables alternativas en el Mundo y en México

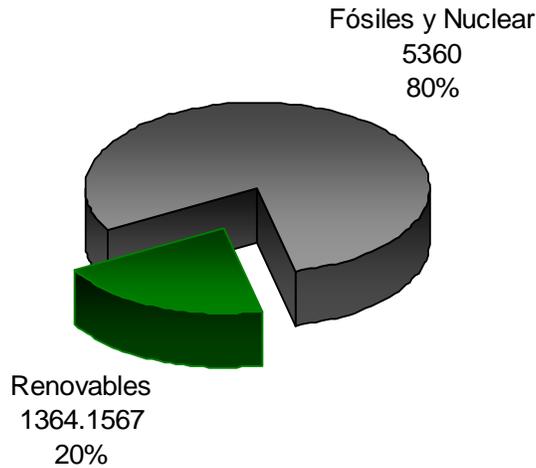
La capacidad instalada en el mundo de Energías Renovables ha crecido anualmente en promedio desde 1990 un 1.7% siendo las Energías Renovables Alternativas





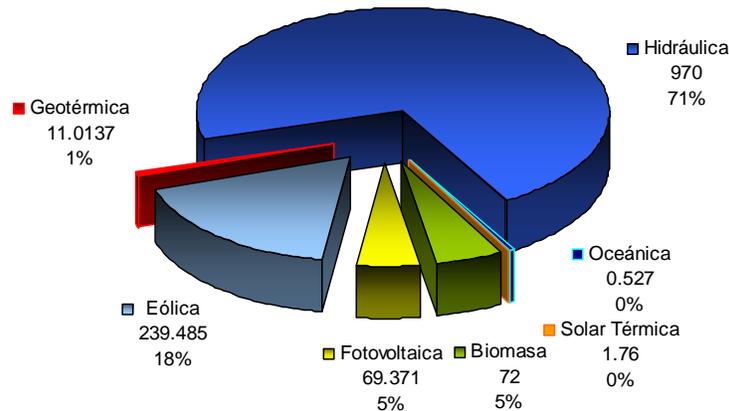
fotovoltaica, solar térmica y eólica las de mayor crecimiento, con un 19% en promedio de crecimiento anual; en 2011 el crecimiento en el consumo de energía proveniente de energías renovables fue de 2.1% del total de energía consumida en el mundo, esto representa un crecimiento de 17.7%, además contribuyó en 2011 con un 3.9% en la generación de energía eléctrica mundial.⁹

En la Gráfica 1 y Gráfica 2 se muestra la capacidad de generación eléctrica instalada en el mundo de energías renovables alternativas a finales del 2011:



Gráfica 1. Capacidad de generación instalada en el mundo 2011 [gW] ¹⁰

Se observa claramente en la Gráfica 1 el uso intensivo de los energéticos provenientes de fuentes no renovables. La energía nuclear no se considera renovable porque proviene de elementos químicos radioactivos escasos.



Gráfica 2. Capacidad de generación instalada en el mundo por tipo de tecnología renovable en 2011 [gW] ¹¹

⁹ Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Renewables Global Status Report, estadísticas mundiales sobre energías renovables, (Francia: REN21, 2012) consultado el 13/septiembre/2013 en www.ren21.net

¹⁰ Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Renewables Global Status Report, estadísticas mundiales sobre energías renovables, (Francia: REN21, 2012) consultado el 13/septiembre/2013 en www.ren21.net





La Gráfica 2 es clara al mostrar que la fuente de energía renovable mas desarrollada en el mundo es la hidráulica.

La capacidad de generación eléctrica proveniente de la energía hidráulica se descarta en algunos estudios sobre generación eléctrica, porque es una fuente renovable de energía más desarrollada y más ampliamente utilizada, por lo que “infla” la capacidad de generación eléctrica total.

La Tabla 1 expone una clasificación de las energías renovables según su fuente, el nivel de desarrollo tecnológico y tipo de aplicación.

Fuente de energía renovable	Origen primario de la energía			Nivel de desarrollo de las tecnologías			Aplicaciones		
	Energía del sol ⁽¹⁾	Calor de la corteza terrestre	Movimiento relativo de la luna y el sol	Tradicional	Nueva	En proceso de desarrollo	Electricidad	Calor ⁽²⁾	Combustibles líquidos
Eólica									
Radiación solar									
Hidráulica									
Bioenergía					(3)				
Geotermia						(4)			
Olas									
Mareas									
Corrientes oceánicas			(5)						
Otras energías oceánicas ⁽⁶⁾									

Notas:

(1) La mayoría de las fuentes de energía tienen a la energía del sol como origen de forma indirecta. Por ejemplo, en el caso del viento, la radiación solar calienta masas de aire, lo que a su vez provoca su movimiento.

(2) Todas las fuentes renovables pueden ser utilizadas para generar electricidad, y a partir de ésta producir calor o energía para el transporte, pero aquí se muestran sólo aquellas fuentes que pueden tener estas aplicaciones de manera directa.

(3) La bioenergía se utiliza tradicionalmente como combustible desde hace milenios. Sin embargo, existen también tecnologías para su aprovechamiento para generar electricidad o para la producción de biocombustibles, que son relativamente nuevas o que están en proceso de desarrollo.

(4) La geotermia se aprovecha tradicionalmente de varias maneras, y existen además tecnologías en desarrollo, tales como la de rocas secas y la geotermia submarina.

(5) Las corrientes oceánicas se deben a diversos factores: viento, diferencias en temperaturas, diferencias en salinidad, rotación de la tierra y mareas.

(6) Otras energías oceánicas incluye el gradiente térmico oceánico y el gradiente de concentración de sal (en desembocaduras de ríos).

Tabla 1. Clasificación de las energías renovables.¹²

1.4 Aspectos que favorecen el desarrollo y fomento de las Energías Renovables

¹¹ BP p.l.c, Statistical review of world energy full report, Estadísticas mundiales sobre energía (United Kingdom: BRITISH PETROLEUM 2012), consultado el 20/septiembre/2013 en www.bp.com

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Renewables Global Status Report, estadísticas mundiales sobre energías renovables, (Francia: REN21, 2012) consultado el 20/septiembre/2013 en www.map.ren21.net/GSR/GSR2012.pdf

¹² Secretaría de Energía (SENER), Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México, documento informativo, (México: SENER, GTZ, BMZ, 2009) consultado el 23/septiembre/2013 en www.sener.gob.mx/res/0/ER_para_Desarrollo_Sustentable_Mx_2009.pdf





1. Diversidad de las fuentes primarias de energía, donde las energías renovables con disponibilidad continua y periódica, renovables y no renovables se complementan para tener como resultado un sistema eléctrico nacional robusto y seguro.
2. Disminución en las emisiones de GEI durante la etapa de operación y por lo tanto mejora en la calidad del aire y conservación de recursos naturales.
3. Desconcentración de productores de energía que resulta en la disminución de tensión política en zonas específicas del planeta como por ejemplo el Medio Oriente.
4. Crecimiento económico inevitable de la industria de Energías Renovables debido al precio variable de combustibles fósiles y por lo tanto la creación de pequeñas y medianas empresas.
5. Generación de empleos "verdes" viables.
6. Se evita la dependencia económica hacia petróleo (petrolización de la economía) lo que resulta en seguridad energética y soberanía nacional.
7. Desarrollo social de comunidades alejadas del servicio eléctrico convencional.
8. Mercado de carbono a través del mecanismo de desarrollo limpio, que permite a las naciones en proceso de desarrollo invertir en proyectos que buscan reducir las emisiones de GEI.

Ventajas particulares de México:

- Abundancia del recurso energético renovable
- Existencia de un marco normativo, LAERFTE, LASE y Ley de Promoción y Desarrollo de lo Bioenergéticos, aunque falten mecanismos que garanticen el cumplimiento de sus objetivos
- Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico con recursos humanos (licenciados, maestros, doctores e investigadores) calificados que apoyan la formación de más recursos humanos, aunque su existencia es mínima en comparación a otras naciones en proceso de desarrollo.

1.5 Aspectos que limitan el desarrollo de las Energías Renovables

1. La fabricación de la tecnología que permite aprovechar la energía renovable alternativa utiliza aun la energía y materiales provenientes de combustibles fósiles debido al acaparamiento que estos tienen sobre el mercado





energético, afectando el balance positivo que podrían tener las energías renovables en cuanto a emisión de GEI.

2. Aunque la fuente energética de la biomasa es renovable, es también la energía renovable que más emisiones de GEI reporta durante su etapa de uso; también se ha generado controversia por el uso de semillas de grado alimenticio como el maíz y la deforestación por cambio en el uso de suelo para la producción de biocombustibles como el biodiesel.
3. La energía solar y la eólica tienen una disponibilidad intermitente por lo que necesitan otras fuentes de energía que las complementen; de forma semejante la energía hidráulica depende de la temporada de lluvia y sequía.
4. Problemas ecológicos derivados de la construcción de plantas de generación, por ejemplo las presas hidráulicas y los campos eólicos
5. Subsidio a los energéticos convencionales
6. Renovación de reservas de combustibles fósiles
7. Falta de análisis del ciclo de vida de las tecnologías

Aspectos particulares en México:

- Faltan recursos destinados para investigación y desarrollo de tecnología.
- Falta una infraestructura adecuada para la investigación y desarrollo de tecnología.
- No hay vinculación de la academia con la industria.
- Rezago tecnológico importante.
- Falta de normalización.
- Baja prioridad por parte del gobierno a las energías renovables.
- La toma de decisiones se hace por personas con falta de formación en el área.
- Impactos socio-económicos negativos ignorados en las comunidades donde se desarrollan proyectos renovables, por ejemplo en parques eólicos.
- Interrupción o discontinuidad de proyectos por razones políticas.
- Los recursos humanos existentes están dispersos y se carece de un conocimiento exacto de su existencia y de planes para su formación especializada.

1.6 Gimnasios

Los gimnasios son establecimientos públicos o privados equipados con los equipos e instrumentos necesarios para llevar a cabo actividades que acondicionan diversos grupos de músculos del cuerpo, promoviendo la salud y apariencia estética.





Imagen 1. Aparatos comunes en gimnasios.¹³

La Imagen 1 muestra algunos equipos comunes utilizados en los gimnasios actualmente.



Imagen 2. Gimnasio con aparatos generadores de electricidad.¹⁴

Existen diversos tipos de gimnasios, como por ejemplo los que aprovechan la energía generada por el uso de sus instrumentos y aparatos de ejercicio por parte de los usuarios. La Imagen 2 muestra un gimnasio con esas características.

Es necesario conocer como son físicamente las máquinas utilizadas en los gimnasios y sus variantes para elegir los aparatos susceptibles de adaptarles un generador eléctrico rotatorio y que represente la menor intervención o modificación física

¹³ Yotel, imagen publicitaria, (Ciudad de Nueva York: 2015), consultado el 2/marzo/2015 en http://www.yotel.com/~media/Images/Carousel%20Images/YOTEL_NYC_FOUR_Gym_FO.ashx

¹⁴ Neighborhood Notes LLC, imagen publicitaria, (Portland, OR: 2012), consultado el 2/marzo/2015 en <http://www.neighborhoodnotes.com/uploads/images/2012-01-19-green-micro-gym-004-photo.jpg>





posible al aparato de ejercicio, que implicaría violar condiciones de garantía por parte de los fabricantes de los aparatos; se presentan las siguientes imágenes de aparatos utilizados dentro de los gimnasios.

Por lo regular un gimnasio esta equipado con algunas de las siguientes máquinas:

- Caminador elíptico



Imagen 3. Caminador elíptico.¹⁵

También es conocido como bicicleta elíptica. Existen distintas versiones entre las que se encuentran las magnéticas y electromagnéticas. Como se ve en la Imagen 3, el mecanismo del caminador elíptico está cubierto por una carcasa que no permite acoplar externamente a algún generador eléctrico.

- Caminador de cinta



Imagen 4. Caminadora.¹⁶

¹⁵ Argenttrade srl, Randers, imagen publicitaria, (Argentina: 2015), consultado el 13/marzo/2015 en <http://www.randers.com.ar/imagenes/efx532i.jpg>





Las caminadoras como la mostrada en la Imagen 4 tienen las siguientes variantes: mecánica, motorizada y magnética. Son susceptibles a la adaptación de un dispositivo generador eléctrico externo acoplado a la banda o cinta de la caminadora, siempre y cuando se evite interferir o estorbar a los usuarios del aparato.

- Escalador



Imagen 5. Escaladora. ¹⁷

Por su arreglo y carcasa de protección, la escaladora mostrada en la Imagen 5 no permiten un acoplamiento con un generador eléctrico externo, porque necesitarían modificaciones que cancelarían garantías por parte de los fabricantes de los aparatos.

- Simulador de remo



Imagen 6. Remadora. ¹⁸

¹⁶ ETW International, Strongway, imagen publicitaria, (China: 2015) consultada el 13/marzo/2015 en <http://gym-apparatus.cl/product/2-2-2b.jpg>

¹⁷ Drip Pics & Photos, Gym Pictures, imagen publicitaria, 2015 consultada el 13/marzo/2015 en http://www.precor.com/products/media/catalog/product/cache/21/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95c/1/clm_835_3q_dec11.jpg





El simulador de remo que se observa en la Imagen 6 no permite un acople sencillo de un generador eléctrico rotatorio externo, porque tiene una carcasa que cubre sistema giratorio de la remadora.

- Tabla de inversión



Imagen 7. Tabla de inversión.¹⁹

La tabla de inversión ofrece un soporte para el cuerpo del usuario, así como se observa en la Imagen 7, se tiene un movimiento de rotación del cuerpo del usuario que permitiría un acople mecánico con un generador eléctrico. Este acoplamiento se tendría que diseñar de tal forma que no estorbara el funcionamiento y uso normal del aparato de ejercicio.

- Aparatos multi ejercicios o multiestaciones

¹⁸ Mercado Libre, Nuevo Stamina Sistema Ejercitador Remadora Air Rower Remo, imagen publicitaria, (México: 2015) consultado el 13/marzo/2015 en http://mlm-s2-p.mlstatic.com/nuevo-stamina-sistema-ejercitador-remadora-air-rower-remo-2923-MLM3772022553_022013-F.jpg

¹⁹ Opencart, Profitness, imagen publicitaria, (México: 2015) consultado el 13/marzo/2015 en http://profitnessmx.com/image/cache/data/Healthmark/IVO18680%20Pro%20Max%20Pro/IVO18680_2-500x500.jpg





Imagen 8. Multiestación.²⁰

Estos aparatos multiejercicio combinan las funciones de todos los aparatos vistos anteriormente y representan oportunidad de acoplamiento a un generador eléctrico rotatorio porque tienen diversos mecanismos rotatorios. Pero es difícil evitar modificaciones al aparato para lograr un acople óptimo; además, es importante evitar los estorbos para el usuario del aparato.

- Bicicletas estáticas o fijas:



²⁰ Fitness directo, Multiestaciones, Imagen publicitaria, (España: 2015) consultada el 13/marzo/2015 en http://www.fitnessdirecto.com/components/com_virtuemart/shop_image/product/multifuncion-horizon-torus-5.jpg





e)

Imagen 9. Bicicletas para gimnasio. ²¹

Existen muchas variantes de este tipo de bicicletas como se observa en la Imagen 9. Están las bicicletas fijas de: a) cinta, b) magnética, c) electromagnética y de d) interiores o ciclismo Indoor (spinning) con disco de inercia delantero o e) trasero. En donde la bicicleta estática o bicicleta fija de interiores, de ciclo Indoor o bicicleta para “spinning” con un disco o rueda de inercia, “flywheel”, delantera o trasera, es de interés especial para este trabajo de tesis por presentar facilidad de acoplamiento de la rueda de inercia a un generador eléctrico, sin hacer ninguna modificación al aparato de ejercicio que viole requisitos de garantía válidos. Es importante evitar que el generador eléctrico acoplado interfiera con el uso normal, cotidiano y seguro de la bicicleta fija. Aun así es necesario señalar que las otras máquinas para ejercitarse también son aptas para ser acondicionadas y generar energía eléctrica, siempre y cuando no se violen condiciones de garantía ni se exponga la seguridad del usuario.

La Imagen 10 muestra las partes principales de una bicicleta estática para interiores con rueda de inercia delantera²²:

²¹ Mercado Libre, Bicicletas fijas, imágenes publicitarias, (México: 2015) consultada el 13/marzo/2015 en <http://deportes.mercadolibre.com.mx/fitness-bicicletas-fijas/>

²² Melchor Mauri, El ciclismo indoor, Sport Training Magazine no. 16, (España: 2008), 26-31





Imagen 10. Componentes de una bicicleta fija²³

El ciclismo de interiores es practicado por cualquier persona que pueda utilizar una bicicleta para mantener un estado físico óptimo, disminuir de peso, mejorar su rendimiento físico o simplemente liberar el stress diario con sesiones de entrenamiento cardiovascular utilizando una bicicleta fija, realizando una serie de movimientos biomecánicamente eficientes, estructurados y lógicamente secuenciados con la guía de un instructor y al compás de ritmos musicales.

En general y dependiendo de la técnica del instructor la sesión se divide en cuatro partes:

1. Periodo de intensidad creciente o de calentamiento.
2. Periodo de mayor intensidad de trabajo.
3. Periodo de intensidad decreciente o de bajada de pulsaciones y
4. Periodo de recuperación muscular o fase de estiramientos.

²³ Ibidem.



Como se puede observar en los 4 puntos anteriores, por las características de uso de las bicicletas fijas, las rpm's (**r**evoluciones **p**or **m**inuto) en el disco de inercia son muy variables por lo que es conveniente que el generador eléctrico elegido para acoplarse a la bicicleta sea apto para trabajar en estas condiciones.

Existe una máquina eléctrica diseñada especialmente para generar energía eléctrica ante variaciones de rpm. Esta máquina se llama **M**áquina de **I**manes permanentes de **F**lujo **A**xial (MIFA)²⁴, la cual genera electricidad en corriente alterna (CA) y mediante dispositivos electrónicos se rectifica para obtener corriente directa (CD) en los bornes de salida de la MIFA.

Las características de la MIFA se estudiarán en el Capítulo 2 "Propuesta del sistema de generación eléctrica".

1.7 Generación eléctrica

La obtención de energía eléctrica o mejor dicho la transformación de algún tipo de energía a energía eléctrica se da sin transformaciones intermedias de energía en los siguientes casos:

- Energía química a energía eléctrica: baterías eléctricas, celdas
- Energía térmica a energía eléctrica
- Energía luminosa a energía eléctrica: celdas fotovoltaicas
- Energía mecánica (de movimiento y de presión) a energía eléctrica: generadores eléctricos de movimiento rotacional o lineal y materiales piezoeléctricos respectivamente

Donde la energía mecánica de movimiento rotacional es el método de conversión más utilizado en el mundo para la obtención de energía eléctrica a gran escala por las grandes magnitudes de energía eléctrica que puede entregar una sola máquina y su adaptabilidad a una turbina para así transformar otros tipos de energía a energía eléctrica.

A continuación se explica el funcionamiento de un generador eléctrico:

1.7.1 Funcionamiento de un generador de corriente alterna (CA)

El principio físico de funcionamiento es la inducción de una fuerza electromotriz (fem) sobre devanados de cobre u otro metal; un campo magnético concatena con su flujo magnético variable al devanado llamado inducido, creando en el un campo eléctrico y este a su vez una fuerza electromotriz o tensión.

²⁴Asko Parviainen, "Design of Axial-Flux Permanent-Magnet Low-Speed Machines and Performance Comparison Between Radial-Flux and Axial-Flux Machines, (Tesis doctoral, Lappeenranta University of Technology, Finlandia: 2005), 16-18





El campo magnético que induce esta fuerza electromotriz puede originarse de imanes permanentes o de otros devanados de material conductor alimentados por Corriente Directa (CD) o Corriente Alterna (CA) según el tipo de generador. Si se utiliza un devanado para crear el campo magnético este es llamado inductor o campo.

La fuerza electromotriz inducida en una bobina se produce al haber un cambio en magnitud, dirección o sentido del flujo magnético que la concatena; esto se logra haciendo girar al inductor o al inducido (según convenga) cambiando la dirección y sentido del flujo magnético (la magnitud es constante en imanes permanentes y en alimentación de campo con corriente continua).

Es importante señalar que la longitud, el calibre, el material, la forma del devanado, el número de vueltas del devanado y la velocidad de giro del devanado inductor o del inducido determinan la magnitud de la tensión o voltaje generado (fem).

En la Imagen 11 se muestran los componentes de un generador eléctrico de corriente alterna.

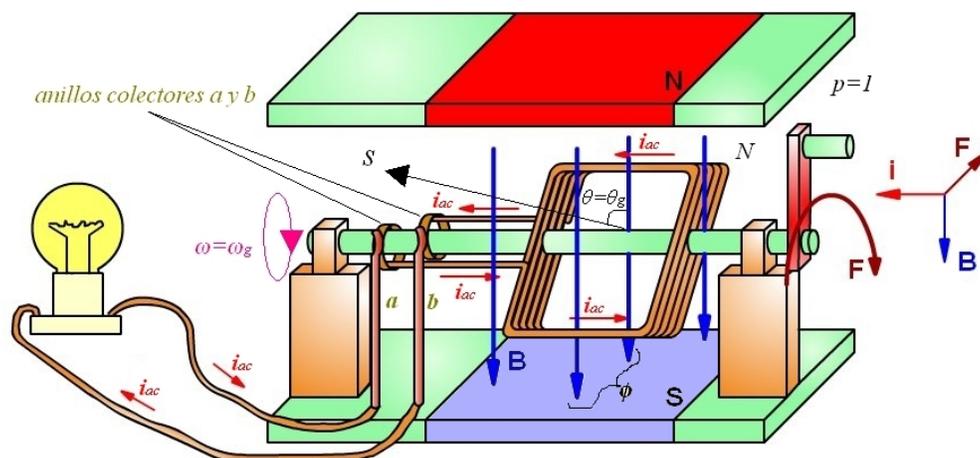


Imagen 11. Forma básica de un generador de CA. ²⁵

En la imagen 11 el elemento inductor es el imán permanente y la bobina, representada por una serie de espiras cuadradas, es el elemento inducido. En los anillos colectores, a y b, se genera una fem (ϵ_{ab}).

La tensión o fem (ϵ_{ab}) inducida en la bobina tiene la forma de una **onda senoidal**, el cual es el motivo por el que este tipo de máquinas eléctricas se conozcan como alternadores. La alternancia del voltaje y corrientes generados se ejemplifica gráficamente en la Imagen 12.

²⁵ Antonio Bueno, Unidad didáctica: "Electricidad, electromagnetismo y medidas", imagen adaptada ilustrativa, (España: Instituto de Enseñanza Secundaria, Gonzalo Anaya de Xirivella, 2012) consultado el 01/octubre/2013 en http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_magnetismo_3/imagenes/alternador.jpg



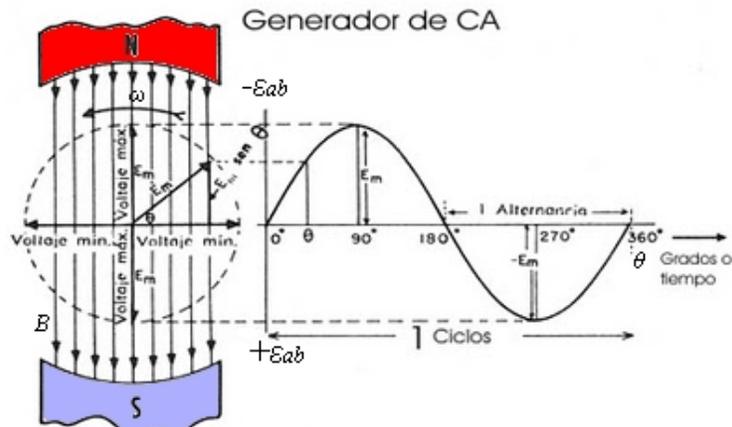


Imagen 12. Representación de senoide obtenida del generador de CA.²⁶

1.7.2 Generador de corriente directa (CD)

Este generador de CD varía físicamente del generador CA solo en la parte que conecta el interior con el exterior del generador. En el generador de corriente alterna el inducido se conecta con el exterior por medio del colector de anillos mientras que en el generador de corriente directa el colector emplea un solo anillo o aro para conectarse con el exterior; este aro conductor es llamado colector de delgas y esta dividido en dos partes aisladas eléctricamente entre si para obtener así corriente directa a partir de la corriente alterna que se genera en el devanado o inducido.

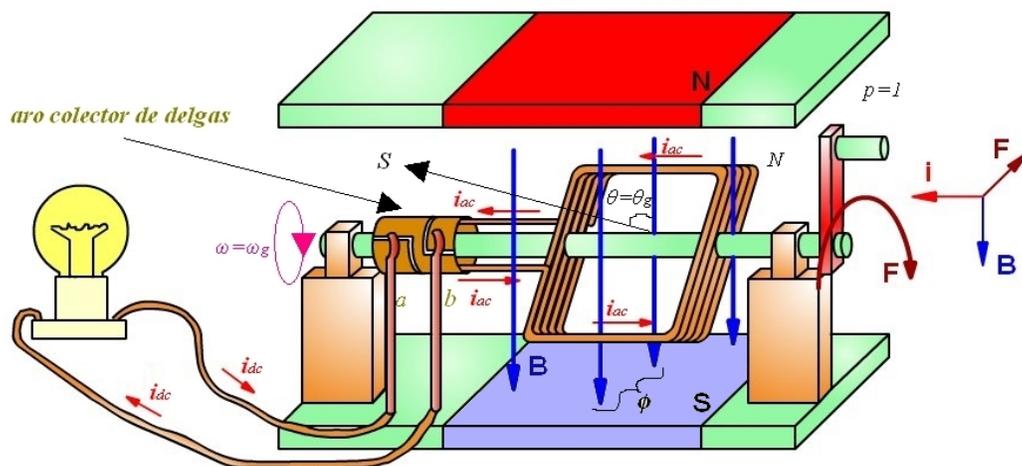


Imagen 13. Representación básica de un generador de CD.²⁷

²⁶ Sapiensman, "Conceptos de electrotecnia para aplicaciones industriales", imagen ilustrativa, consultada el 02/octubre/2013 en <http://www.sapiensman.com/electrotecnia/imagenes/generador.gif>

²⁷ Antonio Bueno, Unidad didáctica: "Electricidad, electromagnetismo y medidas", adaptación de imagen ilustrativa, (España: Instituto de Enseñanza Secundaria, Gonzalo Anaya de Xirivella, 2012)



El colector de delgas es un anillo que transforma de forma mecánica al girar, corriente alterna en corriente directa.

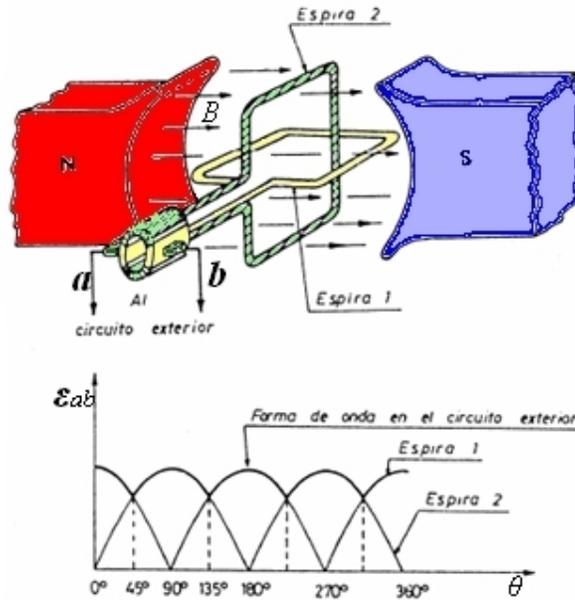


Imagen 14. Forma de onda resultante a la salida de un generador de CD.²⁸

En la Imagen 14 se muestra graficamente la forma de onda resultante a la salida del generador de corriente directa.

1.8 La purificación del agua

¿Por qué se potabiliza y purifica al agua?

Dependiendo las condiciones medioambientales de la fuente de abastecimiento de agua es preciso aplicar varios de los siguientes métodos de desinfección, filtración y tratamiento químico *para garantizar la calidad del agua potable*.

1.8.1 Desinfección del agua

La palabra desinfección se refiere a quitarles la vida o la capacidad de reproducción a los microorganismos causantes de enfermedades transmitidas al ser humano por consumir agua no potable. Existen diversos métodos de desinfección. A continuación se mencionan los más utilizados.

1.8.1.1 Cloración

consultado el 01/octubre/2013 en

http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_magnetismo_3/imagenes/dinamo.jpg

²⁸ Juan Luis Hernández, Web de Tecnología Eléctrica, "La máquina de corriente continua", adaptación de imagen ilustrativa, (España: 2004) consultada el 02/octubre/2013 en <http://www.tuveras.com/maquinascc/dinamo/rizado.gif>





Su función principal es desinfectar el agua, eliminando casi todos los microorganismos. También actúa como oxidante ayudando a eliminar algunos plaguicidas, oxida algunas especies químicas disueltas o las hace más fáciles de eliminar.

Se agrega al agua mediante gas cloro licuado, solución de hipoclorito sodio, gránulos de hipoclorito cálcico o generadores de cloro *in situ*.

En las plantas de purificación de agua embotellada es común usar el hipoclorito de sodio al 5%, esto es con una concentración de hipoclorito sódico de 0.5 ppm (partes por millón) de agua, dejándolo reaccionar durante 30 minutos.

Dependiendo la concentración de materia orgánica proveniente de sustancias húmicas o fúlvicas²⁹ del suelo, de la dosis de cloro, de la temperatura, del pH del agua y del tiempo de reacción es posible que se formen subproductos halogenados al agregar cloro al agua, los cuales son potencialmente tóxicos para el ser humano.

Ventajas:

- Desinfectante y oxidante
- Distintas presentaciones del cloro por lo que es posible almacenarlo o generarlo *in situ*
- Barato en operación en comparación al ozono
- Desinfección residual

Desventajas:

- Producción de gases tóxicos o en el caso de generación *in situ* producción de hidrógeno el cual es altamente inflamable.
- Posible generación de subproductos halogenados tóxicos para el ser humano.
- No elimina absolutamente a todos los patógenos microbianos
- Mayores dosis y tiempos de reacción en mismos volúmenes de agua que el ozono

1.8.1.2 Ozonización

El ozono es un excelente oxidante o en otras palabras, un buen degradante de plaguicidas y otras sustancias orgánicas y un desinfectante primario, ya que necesita de una desinfección posterior para mantener el efecto desinfectante residual o crecimiento de bacterias.

²⁹ Sustancias propias de los suelos donde se encuentran fragmentos fosilizados de materia orgánica.





Su generación necesariamente es *in situ* en forma gaseosa, necesitando esta de un alto voltaje para generar ozono utilizando aire u oxígeno directamente y aplicándolo directamente al agua en dosis que van de 2 a 5 mg/l. El ozono requiere menor tiempo de contacto y una menor dosis que el cloro para tratar volúmenes iguales de agua.

Sus ventajas son:

- Excelente oxidante
- Desinfectante
- Prácticamente no genera subproductos tóxicos (genera solo en presencia de bromuros)

Sus desventajas son:

- Complejidad técnica en el mantenimiento y operación
- Costo de operación caro
- No tiene acción desinfectante residual
- El ozono es inestable por lo que se debe generar y usar inmediatamente *in situ*.

1.8.1.3 Luz ultravioleta

Esta tecnología de desinfección utiliza una lámpara especial que emite luz ultravioleta en el rango de longitudes de onda de 180 a 320 [nm] con la cual es posible incapacitar a bacterias, bacteriófagos, levaduras, virus, hongos y algas para reproducirse.

Al igual que el ozono no posee desinfección residual por lo que se hace necesaria la cloración posterior.

El uso de luz ultravioleta para la desinfección de agua no genera ningún tipo de subproducto y su operación y mantenimiento es sencillo.

Ventajas:

- Excelente desinfectante
- No genera ningún subproducto tóxico
- Operación y mantenimiento sencillo y barato
- En combinación con el ozono tiene una acción catalizadora de reacciones de oxidación
- Ideal para instalaciones pequeñas de purificación de agua por su costo relativamente bajo y operación sencilla.

Desventajas:

- No inactiva a protozoos





- Si hay un tiempo insuficiente de exposición, la lámpara está dañada o en una posición incorrecta con respecto al flujo de agua, entonces no se logra la total desinfección de esta.
- Si el agua presenta turbidez la luz ultravioleta no es suficiente para desinfectar
- No posee desinfección residual

Existen otros métodos de desinfección menos utilizados, pero no por eso menos eficaces, como por ejemplo el uso de yodo, iones de plata y la cloramina.

1.8.2 Filtración

La filtración combina procesos físicos y químicos para retener sustancias sólidas que acompañan al agua y dependiendo las características físicas y químicas del filtro también es posible eliminar sabor, olor, color, microbios y químicos disueltos.

Existen varios sistemas de filtración:

- Filtros rápidos y lentos de arena
- Filtros de tierras diatomáceas
- Filtros directos
- Filtros empacados
- Filtros de membrana y
- Filtros de cartucho

Los *filtros de arena* en general son capaces de atrapar e incluso destruir a bacterias, protozoos, algas y materia orgánica así como reducir la turbidez y eliminar algunos plaguicidas y el amoníaco.

Los *filtros lentos de arena* consisten en depósitos rectangulares de concreto que en su base o suelo tiene tubos por donde se drena por efecto gravitatorio el agua filtrada, arriba de estos tubos se ponen capas de grava cada vez más pequeña y después una capa de arena de sílice.

Los *filtros rápidos de arena* son semejantes en construcción a los filtros lentos de arena, su diferencia la establece el caudal de agua que se suministra para ser filtrada e incluso el uso de bombas en los filtros rápidos para realizar un filtrado a presión.

El *filtro de multicapas*, multimedia, lecho profundo o sedimentos también utiliza arena de sílice colocada en la base del recipiente que la contiene y arriba de esta capa de arena se colocan capas de diversos materiales cada vez de mayor volumen; la gravedad específica de los materiales elegidos y su tamaño se eligen de tal forma que se evite su mezcla aun después de limpiarlos por medio de retrolavado.

El *filtro de lecho profundo* es ampliamente utilizado en la plantas purificadoras y embotelladoras de agua por su mayor capacidad retentiva de partículas suspendidas en el agua, una menor pérdida de presión, filtración de grandes





cantidades de agua en un menor espacio, menor cantidad de retrolavados, operación y mantenimiento barato y eficiente.

Los *filtros de tierras diatomáceas* se caracterizan por ser portátiles y por requerir limpieza y reposición continua de esta tierra; sustituyen la arena por una capa delgada de material poroso.

Los *filtros empacados* son sistemas integrales de tratamiento de agua que incluyen adición de reactivos, floculación, sedimentación y filtración, todo esto en un espacio compacto.

Los *filtros de membrana* utilizan una membrana semipermeable por la que se hace pasar el agua a filtrar. Existen las membranas de micro, ultra, nano e hiperfiltración u osmosis inversa.

Estas membranas son capaces de retener bacterias, virus, materia orgánica e inorgánica según las dimensiones de los poros en la membrana.

Estos sistemas son bastante caros en operación y mantenimiento ya que se necesitan grandes presiones para lograr la filtración y las membranas tienden a deteriorarse relativamente rápido.

El que el agua tenga un olor, color o sabor desagradable después del filtrado y la desinfección no significa necesariamente que el agua no sea potable, sin embargo para evitar que la gente rechace su consumo se utilizan los *filtros de carbón activado* los cuales están hechos de un material carbonoso generalmente de madera, carbón, cáscaras de coco o turba. Se dice que se activa cuando el material carbonoso se somete a un calentamiento controlado provocando que este adquiera una gran superficie específica (de 500 a 1500 m^2/g), superficie que es capaz de atraer, adherir y romper moléculas de olor, color, sabor y restos de cloro, fenómeno conocido como adsorción.

El carbón activado tiene tres presentaciones y diversos materiales carbonosos según el tipo de filtrado y la calidad que se quiera lograr. En las plantas purificadoras de agua embotellada es ordinario el uso de carbón activado granular, sin dejar de mencionar que también existe en presentación de bloque y de polvo.

Existen otros dos filtros muy utilizados en las plantas purificadoras o de tratamiento de agua potable para embotellar y es el filtro suavizador y el filtro pulidor.

El *filtro suavizador* remueve del agua, a través de un intercambio iónico, minerales disueltos de calcio, magnesio y hierro para evitar la dureza del agua.

El *filtro pulidor* tiene la función de retener las partículas sólidas de hasta 5 micras logrando que el agua sea menos turbia y por lo tanto una etapa siguiente de desinfección con luz ultravioleta sea eficaz.

La Tabla 2 resume las características, ventajas y desventajas de algunos de los sistemas de tratamiento de agua mencionados.





CARACTERÍSTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

	TECNOLOGIA	APLICACION	MANEJO	COSTO	LIMITANTES
Filtración convencional	Filtros de arena	Sedimentos suspendidos, remoción media de bacterias y materia orgánica	Sencillo	Bajo costo de inversión en infraestructura y de manejo, costo elevado de terreno	Remoción de 80-90% de bacterias y 60% de materia orgánica, requiere gran superficie
	Filtros de tierras diatomáceas	Remoción de turbiedad y bacterias	Sencillo	Bajo costo de inversión y de manejo	Útiles en caso de poca turbiedad y bajos conteos bacterianos, no retiene materia orgánica
	Filtros carbón activado	Remoción de materia orgánica y bacterias	Sencillo	Bajo costo de inversión, costo medio de mantenimiento	Generación de residuos, continua renovación del filtro, no remueve bacterias ni nitrato
Desinfección	Cloro	Desinfección	Sencillo con medidas adicionales de seguridad	Bajo costo de inversión y costo medio de mantenimiento	Generación de subproductos
	Cloramina	Desinfección	Sencillo con medidas adicionales de seguridad	Costo medio de inversión y de mantenimiento	Poder desinfectante limitado
	Ozono	Desinfección	Manejo complejo	Costo elevado de operación	Escaso poder residual
	Luz ultravioleta	Desinfección	Operación y mantenimiento sencillo	Costo medio de inversión y de operación	No previene recrecimiento, no genera poder residual
Filtros de membrana	Microfiltración	Remoción de sólidos disueltos y algunas especies bacterianas	Operación sencilla	Costo moderado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana
	Ultrafiltración	Remueve virus, bacterias y materia orgánica	Manejo sencillo, posible automatización	Costo elevado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana
	Nanofiltración	Remueve virus, bacterias y materia orgánica	Manejo sencillo, posible automatización	Costo muy elevado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana
	Ósmosis inversa	Remueve virus, bacterias, parásitos y materia orgánica e inorgánica		Costo muy elevado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana, requiere manejo de salmuera

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los sistemas de tratamiento de agua.³⁰

³⁰ María Teresa Leal Ascencio, Tecnologías Convencionales de Tratamiento de Agua y sus Limitaciones, Proyecto Solar Safe Water, en el marco de la Cooperación Internacional de la Unión Europea (FP6-510603), (España: 2005), 71





Conclusiones

Las razones que fundamentan la propuesta de este trabajo de tesis son algunas de las problemáticas que enfrenta México y el mundo como lo es la obesidad, que tiene como una de sus causas, si no la principal si determinante, la falta de actividad física.

El problema del agua contaminada naturalmente o de origen antropogénico, tiene diversas soluciones, destacándose por su rapidez la potabilización del agua y su purificación.

El cambio climático y las consecuencias negativas que trae consigo así como la inevitable disminución de las reservas de petróleo hacen necesaria la búsqueda de nuevas fuentes de energéticos que contaminen lo menos posible y compitan con las características que hicieron del petróleo el energético preferido; en la diversidad de fuentes de energía renovable se encuentra la clave para dejar de depender del petróleo como principal energético.





Capítulo 2



Propuesta del



sistema de



generación eléctrica





Capítulo 2. Propuesta del sistema de generación eléctrica

Introducción

Considerando que el uso de la bicicleta estática dentro de una rutina de gimnasio no es constante ni en tiempo de uso ni en revoluciones por minuto (rpm) es conveniente elegir un generador eléctrico que permita transformar la energía mecánica a energía eléctrica de manera eficiente, teniendo en cuenta que las rpm son muy variables.

El generador eléctrico rotatorio es una máquina con bobinas o devanados de alambre ensamblados en la parte estática y en la que gira, estator y rotor respectivamente; en las bobinas del estator o del rotor circulará una corriente que lo convierte en electroimán. El rotor gira impulsado por un motor acoplado a él, llamado motor primario o primotor, el cual suministra la energía mecánica de rotación que el generador se encarga de transformar a eléctrica al haber un movimiento relativo entre el electroimán o inductor y la bobina donde se inducen corrientes, llamado inducido.

Por lo anterior un generador tiene tres características fundamentales:

1. devanados de alambre por los que fluye la corriente
2. un campo magnético
3. movimiento relativo entre devanados y campos magnéticos.

La corriente máxima que un generador puede suministrar a un voltaje determinado o frecuencia determinada, según sea CD o CA respectivamente, es un parámetro fundamental en la elección de un generador ya que permite seleccionar el generador adecuado para una aplicación definida.

El calibre y la longitud del alambre en el inducido determinan la corriente que un generador puede suministrar a la carga.

El voltaje generado depende de la cantidad de líneas de campo magnético que enlazan al devanado inducido, así como la magnitud del campo magnético y la velocidad relativa entre el rotor, estator y campo magnético.

La magnitud del campo magnético depende del número de espiras de la bobina de campo o inductora y de la cantidad de corriente que fluye por él.

La potencia generada depende del calibre del inducido, la magnitud del campo magnético y su velocidad relativa al inducido.

La velocidad del rotor y el número de polos determinan la frecuencia de generación.





2.1 Generadores de CA

Dentro de los generadores de CA se tienen los generadores sincrónicos y los generadores asíncronos o de inducción.

2.1.1 Generador Síncrono

Se llama síncrono porque el rotor del generador gira sincronizado con la frecuencia eléctrica del inductor.

Los generadores sincrónicos tienen el devanado de campo en el rotor y el devanado inducido en el estator y se caracterizan por tener una frecuencia eléctrica sincronizada con la tasa mecánica de rotación del generador o en otras palabras, la frecuencia eléctrica generada depende de las rpm a las que se encuentre girando el generador.

La corriente de campo es suministrada por una fuente de CD externa, convirtiendo al rotor en un electroimán. Los polos de este electroimán se construyen salientes o no salientes; los polos salientes se utilizan para rotores de cuatro o más polos y los polos no salientes se utilizan en rotores de dos o cuatro polos.

Para suministrar la CD al devanado de campo se utilizan dos métodos:

1. Externo: una fuente externa CD se conecta al devanado de campo por medio de anillos rozantes y escobillas
2. Interno: una fuente especial CD montada sobre el eje del generador suministra la corriente de campo.

En máquinas sincrónicas pequeñas solo se utiliza el método externo por costos de fabricación mientras que las máquinas grandes pueden llegar a utilizar ambos métodos.

El método de suministro de corriente externo a la bobina inductora implica mantenimiento frecuente a la máquina al existir contactos mecánicos; el método interno en cambio requiere mínimo mantenimiento al prescindir de anillos y escobillas.



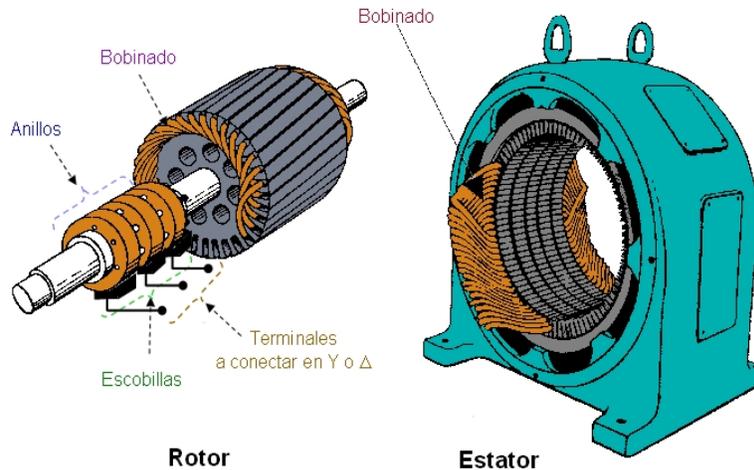


Imagen 15. Generador Síncrono. ³¹

2.1.2 Generador de inducción

Los generadores asíncronos o de inducción, como su nombre lo indica, trabajan a una velocidad distinta a la de sincronismo y además no necesitan de una corriente que provoque la formación del campo magnético inductor ya que el estator se encarga de inducir en los devanados del rotor dicho campo que a su vez, al girar debido a un motor primario, servirá para inducir tensión eléctrica en los devanados del estator.

El generador de inducción entrega potencia real a la carga siendo incapaz de entregar potencia reactiva; su principal desventaja frente al generador sincrónico es que necesita potencia reactiva para alimentar los devanados del estator e inducir corrientes en el rotor; una forma de obtener esta potencia reactiva es utilizando capacitores conectados al generador. Esa configuración es llamada generador de inducción autoexcitado.

Debido a que el comportamiento de una máquina de inducción depende del voltaje y corriente inducidos en el rotor y a su vez este voltaje y corriente dependen de la velocidad de rotación del rotor, se utilizan dos conceptos de movimiento relativo entre campos magnéticos y rotor: velocidad de deslizamiento y el deslizamiento.

La diferencia entre la velocidad sincrónica y la velocidad de giro del rotor es conocida como velocidad de deslizamiento y representa la distancia en rpm que el rotor tiene con respecto a la velocidad de los campos magnéticos:

$$n_{des} = n_{sin c} - n_m \quad (1)$$

n_{des} = velocidad de deslizamiento de la máquina, [rpm]

³¹ Blogspot, Maqmotores, imagen ilustrativa, 2009, consultada el 11/noviembre/2013 en http://2.bp.blogspot.com/_JKNpcQUjUEM/SiZsRwya8pi/AAAAAAAAA0/VuFQFsxZM2A/s1600/Imagen2.png





$n_{\text{sin } c}$ = velocidad de sincronismo o velocidad de rotación de los campos magnéticos, [rpm]

n_m = velocidad mecánica del rotor, [rpm]

El deslizamiento, s , es un número que nos indica el grado de acoplamiento o sincronía de giro entre los campos magnéticos y el rotor; para un funcionamiento como motor se tiene que $0 < s < 1$ y para un funcionamiento como generador eléctrico de CA $s < 0$; si $s=0$ $n_{\text{sin } c} = n_m$ y si $s=1$ quiere decir que el rotor no está girando:

$$s = \frac{n_{\text{des}}}{n_{\text{sin } c}}$$

$$s = \frac{n_{\text{sin } c} - n_m}{n_{\text{sin } c}} \quad (2)$$

Para que una máquina de inducción se comporte como generador eléctrico se tiene que cumplir que $s < 0$ por lo que se requiere que el numerador de la ecuación (2) sea negativo y esto se logra cuando $n_{\text{sin } c} < n_m$, lo que en palabras significa lo siguiente: el motor primario que mueve el rotor de una máquina de inducción a una mayor velocidad que la sincrónica (sin sobrepasar la velocidad donde se logra generar la potencia eléctrica nominal de la máquina), trae como consecuencia la inducción de voltaje en el estator, resultado de una mayor velocidad del campo inducido en el rotor respecto al campo sincrónico del estator.

El problema que surge cuando se decide utilizar generadores de inducción aislados de la red eléctrica es el de la elección de la capacidad de los condensadores, los cuales se encargarán de suministrar la potencia reactiva que necesita la máquina de inducción y la carga conectada al generador.

Fuera de esto el generador de inducción tiene varias ventajas, comparado contra el generador sincrónico: construcción robusta y simple, menor tamaño y peso, por lo tanto menor precio, tiene una mayor vida útil al prescindir de un circuito o devanado de campo y por lo tanto de escobillas, poco mantenimiento y a un menor costo, menores pérdidas de potencia con poca carga, pérdidas internas reducidas, bajas temperaturas y un menor estrés interno mecánico y eléctrico; los capacitores que suministran la potencia reactiva también corrigen el bajo nivel de factor de potencia del generador eléctrico de inducción y reducen los armónicos.



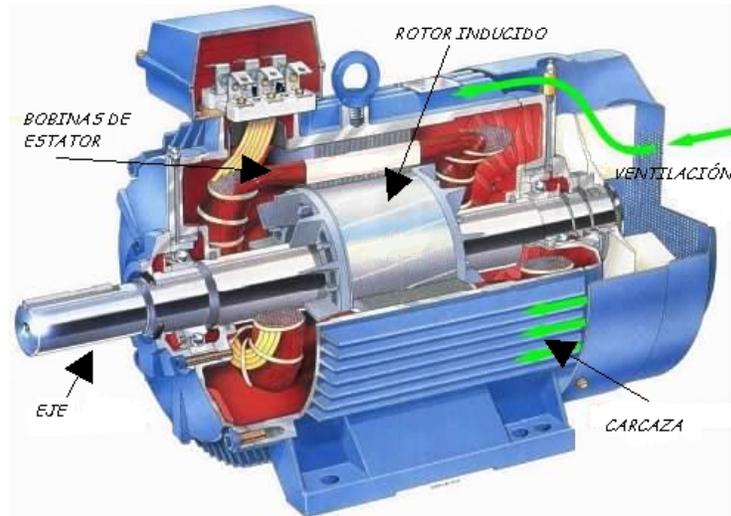


Imagen 16. Generador de Inducción.³²

2.2 Generador de CD

Existen los generadores de CD: con bobina inductora y los generadores eléctricos de CD con imán permanente inductor.

2.2.1 Generador de CD con inductor bobinado

La máquina eléctrica generadora de CD utiliza al generador de CA que con ayuda de un anillo dividido en partes iguales, llamado colector de delgas o conmutador y unas escobillas obtiene en su salida la tensión en CD.

Los generadores de CD o dinamos también tienen un estator y un rotor; en el estator se coloca el embobinado de campo o inductor y en el rotor se instala el devanado inducido.

El devanado de campo está en el estator y se alimenta con CD, induciendo tensión en el devanado del rotor que gira debido al movimiento de un primotor. La tensión inducida es alterna pero convertida a directa por el conmutador.

Existen también las máquinas de CD con imanes permanentes, que ofrecen la ventaja de eliminar las pérdidas eléctricas en el devanado inductor al prescindir de él, así como disminuir su tamaño; sin embargo un imán permanente puede dejar de serlo al interactuar con el campo magnético del inducido o al aumentar demasiado la temperatura de la máquina.

³² Pablo Turmero, "Motor de corriente alterna (Presentación Power Point)", Monografias.com, imagen ilustrativa, consultada el 13/noviembre/2013 en <http://www.monografias.com/trabajos102/motor-corriente-alterna/img12.png>





Al usar este generador no es necesario utilizar un rectificador para almacenar la energía en una batería pero si requiere de constante mantenimiento en las delgas y escobillas. Su uso se ha sustituido por el de alternadores y componentes electrónicos de estado sólido.

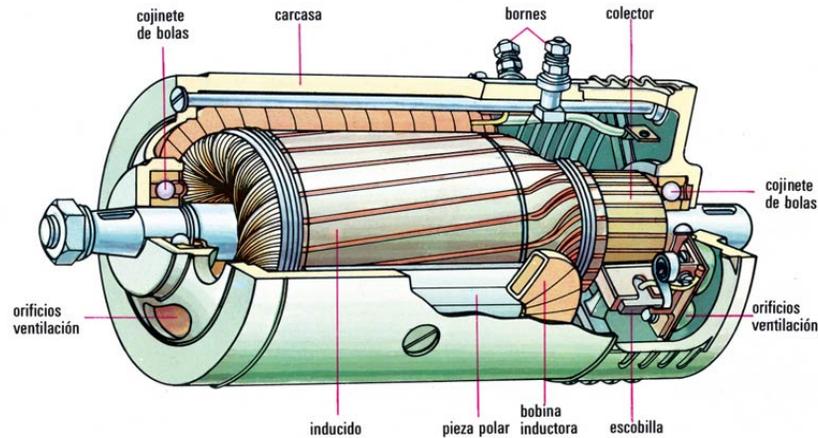


Imagen 17. Generador de CD. ³³

2.2.2 Generador de CD con imanes permanentes

El generador eléctrico que tiene imanes permanentes sustituyendo a los devanados de campo magnético inductor puede producir una CA o una CD.

Solo en el caso de las máquinas de CD con conmutador o rectificación mecánica la bobina inducida gira. En las máquinas de CD con imanes permanentes sin escobillas y por lo tanto sin conmutador, las bobinas inducidas quedan estáticas y los imanes son los que giran; estos generadores utilizan dispositivos electrónicos de estado sólido para la rectificación y su clasificación depende de la dirección de las líneas de campo magnético respecto al eje de la máquina, existiendo las **Máquinas de Imanes permanentes de Flujo Axial (MIFA)** o flujo paralelo al eje y las **Máquinas de Imanes permanentes de Flujo Radial (MIFRA)** o flujo perpendicular al eje.



Imagen 18. Generadores de CD de imanes permanentes a) MIFA ³⁴ y b) MIFRA ³⁵

³³ Webscolar.com, imagen ilustrativa, consultada el 18/noviembre/2013 en <http://www.webscolar.com/wp-content/uploads/2011/12/image0079.jpg>





En la bibliografía consultada es notoria la mención al uso de las MIFA³⁶ para la generación eléctrica a partir de fuentes de fuerza motriz variables como los aerogeneradores, dispositivos de captación de potencia del viento o la generación microhidráulica que comparten la inestabilidad de generación eléctrica que presenta una bicicleta estática. Sin embargo, la tecnología de las MIFRA está más desarrollada y por tanto es menos costosa; en aplicaciones en donde se acopla directamente al primotor con el rotor del generador sin necesidad de cajas multiplicadoras de velocidad las MIFA resultan más eficientes que las MIFRA, por eso en esta tesis se analizarán las características de las MIFA, sin dejar de notar que la configuración física de una MIFA hace pensar en la posible sustitución del volante de inercia de la bicicleta estática por una MIFA.

Los MIFA se prestan para ser utilizados en sistemas de generación eléctrica aislados de la red eléctrica pública porque no necesitan alimentarse de ella para crear su campo magnético de excitación, y aunque el principio de operación es equivalente al de una máquina sincrónica, el uso de la electrónica de estado sólido permite controlarla asincrónicamente y obtener CD en los bornes de salida del generador y almacenar esta energía.

Estas MIFA utilizadas como generadores eléctricos presentan varias ventajas respecto a los generadores anteriormente expuestos³⁷:

1. construcción y funcionamiento robusto: sencilla, confiable y de menor tamaño.
2. alta eficiencia y alta densidad de potencia
3. adaptación: se pueden acoplar a cualquier sistema mecánico sin necesidad de cajas multiplicadoras u otros sistemas de acoplamiento
4. independencia: al generar su propio campo magnético de excitación no necesita de ningún tipo de suministro de corriente de campo o de suministro de potencia reactiva.
5. se evitan las pérdidas eléctricas debidas al devanado de circuito de campo
6. mantenimiento mínimo
7. las MIFA son más eficientes que las MIFRA a partir de seis o más polos

Por otro lado las MIFA tienen las siguientes desventajas:

1. mayor costo de adquisición

³⁴ phpBB, Endless Sphere Technology, imagen ilustrativa, (Oxfordshire: Yasa Motors, 2010) consultada el 20/noviembre/2013 en <http://bioage.typepad.com/.a/6a00d8341c4fbc53ef0133f4ac4faf970b-800wi>

³⁵ Wicho Ramírez, "Motor de corriente alterna", Blogspot.mx, imagen ilustrativa (2013), consultada el 20/noviembre/2013 en http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/rotor-estator-para-motor-electrico-sincrono-con-iman-permanente-8355-3062281.jpg

³⁶ Asko Parviainen, "Design of Axial-Flux Permanent-Magnet Low-Speed Machines and Performance Comparison Between Radial-Flux and Axial-Flux Machines, (Tesis doctoral, Lappeenranta University of Technology, Finlandia: 2005), 16-18, 139

³⁷ Ibidem





2. posible desmagnetización
3. considerables pérdidas por fricción para aplicaciones de alta velocidad (<math><10000\text{ rpm}</math>)
4. topología compleja a partir de la configuración b) a la d) de la Imagen 19.

A continuación se presentan cuatro configuraciones de una MIFA, que se adoptan según las necesidades de la aplicación:

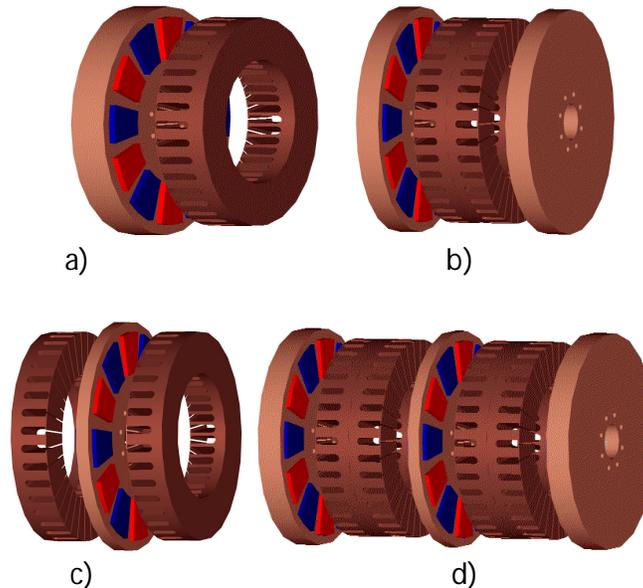


Imagen 19. Configuraciones del MIFA a) un solo estator donde se colocan los devanados del inducido y un rotor que contiene a los imanes o polos magnéticos ilustrados en azul y rojo. b) dos rotores y un estator en medio de ellos. c) dos estatores y un rotor en medio de ellos y d) dos estatores con tres rotores.³⁸

La elección de una máquina eléctrica óptima que generará la electricidad en una bicicleta estática se apoya en la comparación con un sistema de generación eléctrica eólica, en donde la variación de velocidad del viento equivale a la variación de velocidad con que un usuario de bicicletas estáticas pedalea.

En el caso de un generador eólico es posible utilizar cualquier tipo de generador eléctrico; se tiene predilección por los generadores de inducción porque presentan la ventaja de trabajar a velocidades variables, tal y como lo hace el viento, pero en aerogeneradores de aplicación residencial, esto es, menores a 20 kW de generación se utilizan MIFA por ser más sencillos en acoplamiento, instalación, mantenimiento entre otros beneficios.

A continuación se presenta la Tabla 3 comparativa entre las distintas tecnologías de generadores:

³⁸ Asko Parviainen, "Design of Axial-Flux Permanent-Magnet Low-Speed Machines and Performance Comparison Between Radial-Flux and Axial-Flux Machines, (Tesis doctoral, Lappeenranta University of Technology, Finlandia: 2005), 17





COMPARACION DE GENERADORES ELECTRICOS

CARACTERISTICA	GENERADOR			
	Sincrónico	Inducción	CD	MIFA
Velocidad de generación	Sincrónica invariable	Sobresincrónica y variable	Asíncrona variable	Sincrónica variable
Corriente de campo	Si	Si	Si y no	No
Escobillas	Si	No	Si	No
Independencia Red eléctrica	No	Si	Si y no	Si
Mantenimiento	Constante	Regular	Constante	Mínimo
Eficiencia	----	----	----	MIFA(+90%) > sincrónica, inducción
Pérdidas	----	----	----	----
Control	Corriente de campo	Magnitud de campo	Diversas	Electrónica
Manejo energía generada	Sencillo: rectificación	Sencillo	Sencillo	Complejo
Densidad de potencia	----	----	----	> Inducción
Torque de inicio	----	----	----	> Inducción
Factor de potencia	----	----	----	> Inducción
Ruido	----	----	----	Igual a inducción
Construcción	Compleja	Sencilla y robusta	Sencilla	Sencilla y compacta
\$ Precio de venta	----	Inducción < MIFA	----	Es el más costoso
Adquisición	Usado: fácil Nuevo: fácil	Usado: fácil Nuevo: fácil	Usado: fácil Nuevo: difícil	Usado: difícil Nuevo: difícil
Facilidad y costo de reparación	----	----	----	Un 30% más caro que el de inducción
Tiempos de entrega	----	----	----	≥ inducción
Madurez de la tecnología	----	----	----	≥ inducción

Tabla 3. Comparación entre 4 tipos de tecnologías de generadores eléctricos.³⁹

³⁹ Elaboración propia con información de la bibliografía y mesografía





Con la información sobre las ventajas y desventajas de las distintas tecnologías de generadores eléctricos y la Tabla 3, se deduce que el generador más adecuado para ser utilizado en la bicicleta estática es el MIFA porque presenta las siguientes características que lo convierten en la mejor opción para generar energía eléctrica con bicicletas estáticas:

- + Alta eficiencia
- + Genera electricidad sin importar las variaciones de rpm
- + Bajo peso y dimensiones adecuadas para adaptarse a la bicicleta estática
- + Menor mantenimiento que sus competidores
- + Alta densidad de energía en un menor espacio y peso, comparado con las otras tecnologías de generadores.
- + Tiene su propio campo magnético inductor (imanes permanentes), por lo que no necesita de energía eléctrica externa.
- + Genera CD, por lo que la energía eléctrica generada se podría almacenar sin necesidad de rectificar.

Se elige el siguiente modelo de MIFA para transformar la energía mecánica rotacional del disco de inercia de la bicicleta fija en energía eléctrica.



Imagen 20. MIFA elegida para acoplar a la bicicleta estática.⁴⁰

El eje de la MIFA mostrada en la Imagen 20 se debe acoplar mecánicamente al disco de inercia de la bicicleta estática.

La MIFA seleccionada tiene los siguientes parámetros:

⁴⁰ Seoyoung Tech, AFPM (Axial Flux Permanent Magnet Generator), imagen publicitaria, (Korea: 2005) consultada el 12/enero/2015 en <http://www.evsmotor.co.kr/eng/product/axial-flux.php>





MIFA MODELO AFPMG260-0.2KW/200RPM		
PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
Voltaje de CD rectificada	V	28
Voltaje de salida	---	CA
Corriente	A	7.1
Rotor	---	Imanes Permanentes
Estator	---	Sin núcleo
Potencia de salida	W	200
Velocidad de giro	rpm	200
Eficiencia		> 85%
Tipo de devanado		Y
no. polos	---	20
Peso del generador	kg	11
Diámetro del generador	mm	245
Diámetro del eje	mm	30
Material de carcasa	---	Aluminio
Material del eje		Acero

Tabla 4. Características eléctricas de la MIFA.⁴¹

Ver el Anexo 5 donde se encuentran todos los parámetros de la MIFA modelo AFPMG260-0.2KW/200RPM.

2.3 Capacidad de generación eléctrica de una bicicleta estática

Conociendo al generador más apto por sus características para ser empleado en la generación eléctrica con bicicletas estáticas, se hace indispensable conocer el potencial de energía que una persona invierte para hacer funcionar el sistema bicicleta generador y la energía que el generador eléctrico es capaz de transformar para ser utilizada posteriormente en la purificación de agua.

Es necesario conocer los valores de energía que una persona puede generar con la bicicleta estática para caracterizar al generador y hacer una estimación de la energía obtenida con 30 bicicletas instaladas en un gimnasio y si esta energía es suficiente para hacer funcionar una planta purificadora de agua de 200 garrafones.

La fisiología del ejercicio es una rama de estudio en las ciencias naturales que desde principios del siglo XX estudia el funcionamiento de órganos, aparatos y sistemas del cuerpo humano durante el ejercicio físico, apoyándose de métodos variados de cuantificación para, por ejemplo, determinar la cantidad de energía que el cuerpo gasta al realizar una determinada actividad física y la energía del trabajo físico manifestado.

⁴¹ Seoyoung Tech, AFPM (Axial Flux Permanent Magnet Generator), información técnica, (Korea: 2005) consultada el 12/enero/2015 en <http://www.evsmotor.co.kr/eng/product/axial-flux.php>





La Tabla 5 muestra los valores de energía utilizada por el uso de la bicicleta estática.⁴²

ENERGÍA INVERTIDA AL USAR BICICLETAS FIJAS EXPRESADA EN MET's		
TIPO DE ACTIVIDAD	TIPO DE ESFUERZO	MET's [kcal kg ⁻¹ h ⁻¹]
Acondicionamiento físico	Bicicleta estática, esfuerzo muy ligero 50 [W]	3
Acondicionamiento físico	Bicicleta estática, esfuerzo ligero 100 [W]	5.5
Acondicionamiento físico	Bicicleta estática, esfuerzo moderado 150 [W]	7
Acondicionamiento físico	Bicicleta estática, esfuerzo vigoroso 200 [W]	10.5
Acondicionamiento físico	Bicicleta estática, esfuerzo muy vigoroso 250 [W]	12.5

Tabla 5. Tabla para determinar la energía que el cuerpo utiliza al pedalear una bicicleta fija.⁴³

Donde MET es la unidad metabólica equivalente; esta unidad facilita saber la cantidad de energía directamente en kilocalorías [kcal] (y por conversión en energía en [Wh]) que una persona invierte en determinado ejercicio, según su masa corporal en [kg] y la duración en horas [h] del ejercicio.

En la Tabla 6 se pone como ejemplo a una persona de 70 [kg] y distintos tiempos de ejercicio, ahora referidos a energía en [Wh] aproximados.

⁴² Kilopond [kp] o kilogramo fuerza [kgf] es usada para referirse a la fuerza de fricción ejercida sobre el disco de inercia de la bicicleta; [kp] es una unidad inglesa de fuerza, 1 kp = 4.4482 [kN] y

$6 \left[\frac{rpm}{min} \right] = 0.98665 [W] \approx 1 [W]$, donde por lo general 1 [rpm] de los pedales equivalen a 6 [m] de

distancia recorridos, por ejemplo: $2 [kp] \times 50 [rpm] \times 6 [m] = 600 \left[\frac{rpm}{min} \right] \approx 100 [W]$, esto es que se deben aportar 100 [J] de energía por cada segundo para tener 50 [rpm].

⁴³ Barbara E. Ainsworth, William L. Haskell, Melicia C. Whitt, Melinda I. Irwin, Ann M. Swartz, Scott J. Strath, William L. O'Brien, David R. Bassett, Jr., Kathryn H. Schmitz, Patricia O. Emplaincourt, David R. Jacobs, Jr., y Arthur S. Leon, Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities, (EUA: Med. Sci. Sports Exerc., Vol 32, No. 9, 2000), S505





CONVERSIÓN DE MET's A [Wh]							
ESFUERZO	METs [kcal kg ⁻¹ h ⁻¹]	10 min [Wh]	20 min [Wh]	30 min [Wh]	40 min [Wh]	50 min [Wh]	60 min [Wh]
<i>Muy ligero</i>	3	40	81	122	163	203	244
<i>Ligero</i>	5.5	74	128	224	298	373	447
<i>Moderado</i>	7	95	190	285	380	475	570
<i>Vigoroso</i>	10.5	142	285	427	570	712	855
<i>Muy vigoroso</i>	12.5	169	339	508	678	848	1017

Tabla 6. Valores en [Wh] de la energía invertida por una persona de 70 [kg] al usar la bicicleta estática durante ciertos intervalos de tiempo.⁴⁴

Los valores en [Wh] plasmados en la Tabla 6 indican la energía total que una persona de 70 [kg] invierte para realizar la actividad física de utilizar una bicicleta estática durante cierto tiempo y determinado esfuerzo o cadencia de uso.

Parte de esta energía se transforma en calor en el cuerpo del usuario de la bicicleta fija, por lo que es necesario investigar cuanta de esta energía se transfiere efectivamente hacia la bicicleta.

Para conocer la fuerza que la persona aplica a los pedales y poder calcular la energía necesaria para realizar el trabajo físico de pedalear se analizan los datos de la Gráfica 3 y Gráfica 4.

Los trazos de la Gráfica 3 y Gráfica 4 se obtuvieron de un estudio hecho a 11 hombres de entre 21-41 años y pesos entre 59.2-84.9 [kg]. Sus estaturas van de 1.64-1.86 [m]. Los 11 hombres practican el ciclismo pero no son ciclistas profesionales⁴⁵.

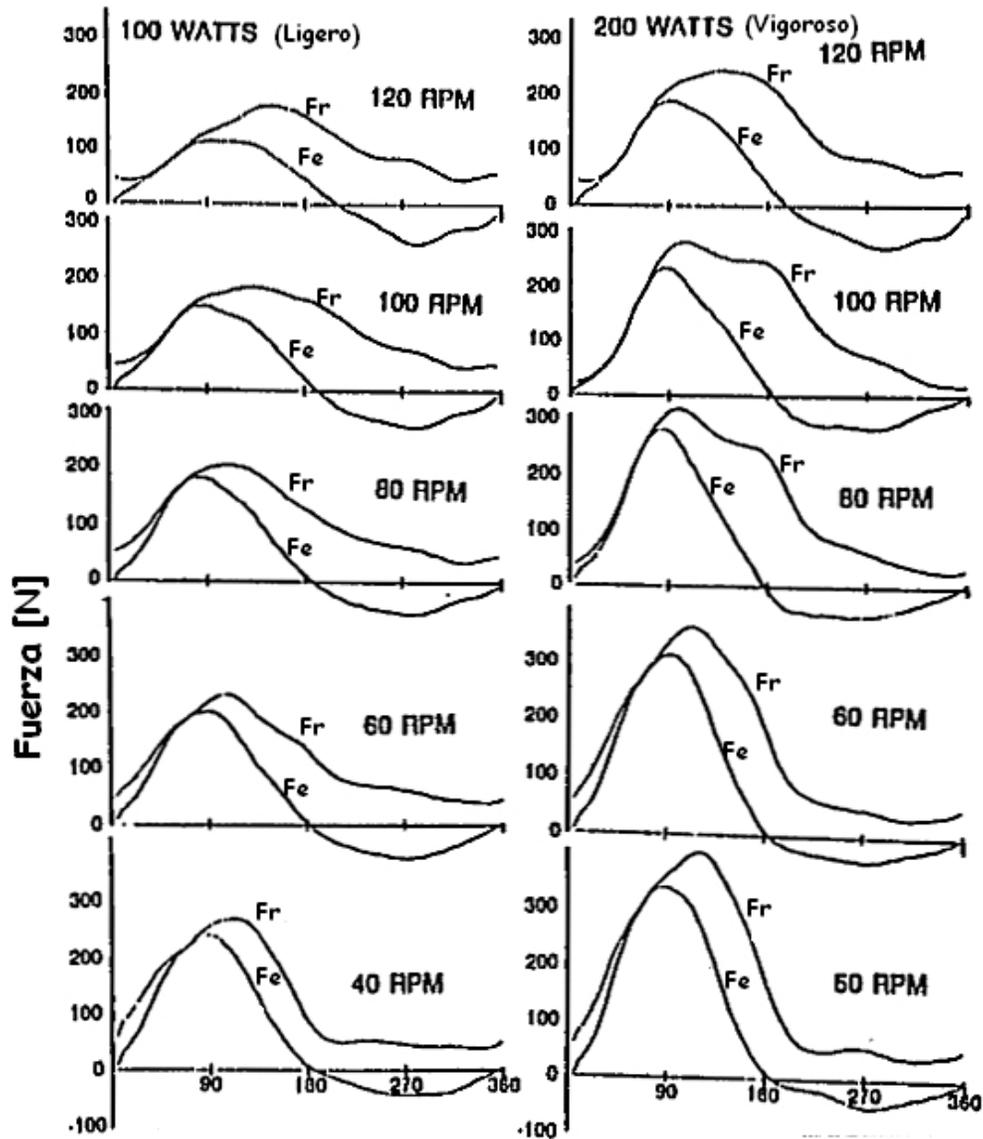
El estudio realizado con estos 11 hombres consiste en registrar la fuerza que se ejerce sobre el pedal de la bicicleta para lograr 100 [W] a la salida de la bicicleta (rueda de inercia) con rpm específicas. Se observa en la Gráfica 3 que para 100 [W] de salida a 40 rpm se necesita ejercer una fuerza de alrededor de 250 [N]. A mayores rpm se necesita aplicar una menor fuerza sobre el pedal, debido a la inercia del disco de la bicicleta fija.

⁴⁴ Barbara E. Ainsworth, William L. Haskell, Melicia C. Whitt, Melinda I. Irwin, Ann M. Swartz, Scott J. Strath, William L. O'Brien, David R. Bassett, Jr., Kathryn H. Schmitz, Patricia O. Emplaincourt, David R. Jacobs, Jr., y Arthur S. Leon, Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities, (EUA: Med. Sci. Sports Exerc., Vol 32, No. 9, 2000), S505

- Darren E.R. Warbuton, Crystal Whitney Nicol, Shannon S.D. Bredin, Prescribing exercise as preventive therapy, (Canadá: CMA media Inc., 2006), 965 y 966

⁴⁵ Robert P. Patterson y María I. Moreno, Bicycle pedalling forces as a function of pedaling rate and power output, (EUA: Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 22, No. 4, 1990), 512 y 513





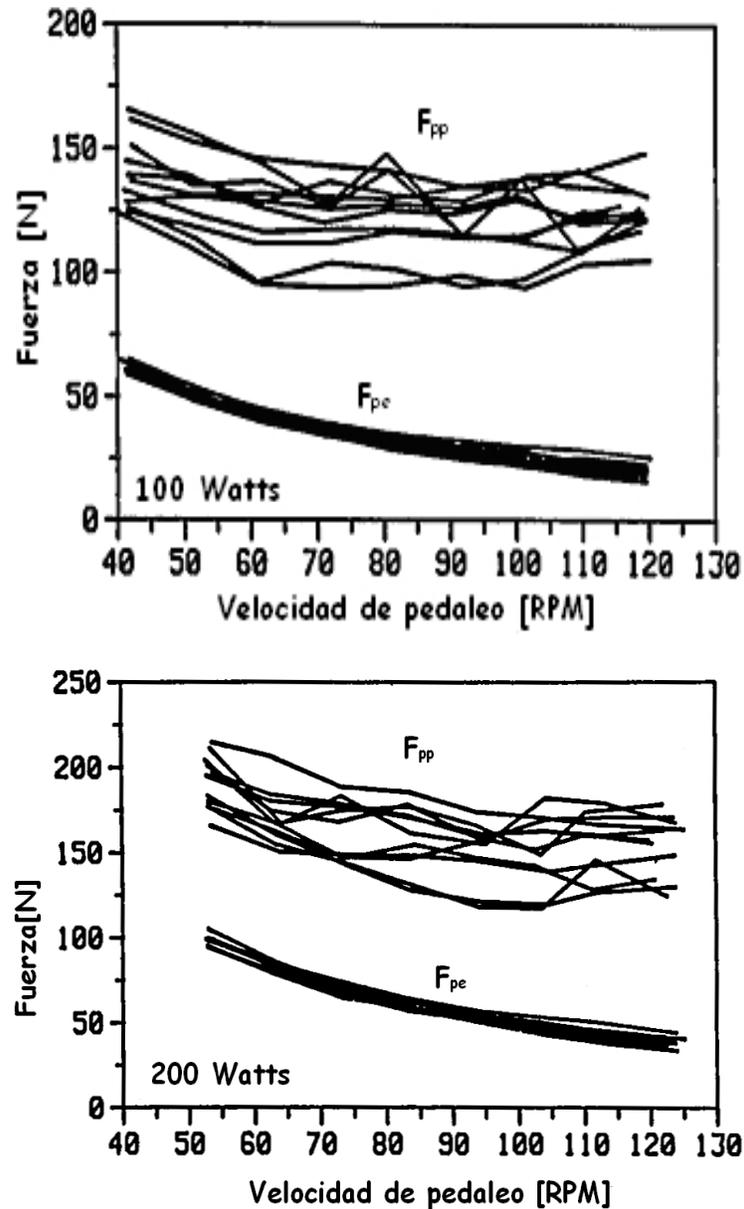
Posición Estrella (grados)

Gráfica 3. Patrones típicos resultantes de la fuerza aplicada a los pedales de una bicicleta fija donde Fr es la fuerza resultante aplicada a los pedales y Fe es la fuerza aplicada en la "estrella".⁴⁶

La Gráfica 3 muestra los resultados de la fuerza aplicada al pedal y a la estrella respecto a la posición angular de la estrella, para 100 [W] y 200 [W] de salida.

⁴⁶ Robert P. Patterson y María I. Moreno, Bicycle pedalling forces as a function of pedaling rate and power output, (EUA: Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 22, No. 4, 1990), 513





Gráfica 4. Trazos individuales para cada sujeto puesto a estudio. Fuerza resultante aplicada al pedal F_{pp} y fuerza resultante aplicada a la estrella F_{pe} .⁴⁷

La Gráfica 4 muestra los resultados de la fuerza aplicada al pedal y a la estrella respecto a la velocidad de pedaleo en rpm, para 100 [W] y 200 [W] de salida.

En la Imagen 21 se señalan las tres piezas mencionadas con los nombres de estrella, biela y pedal.

⁴⁷ Robert P. Patterson y María I. Moreno, Bicycle pedalling forces as a function of pedaling rate and power output, (EUA: Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 22, No. 4, 1990), 513 y 514



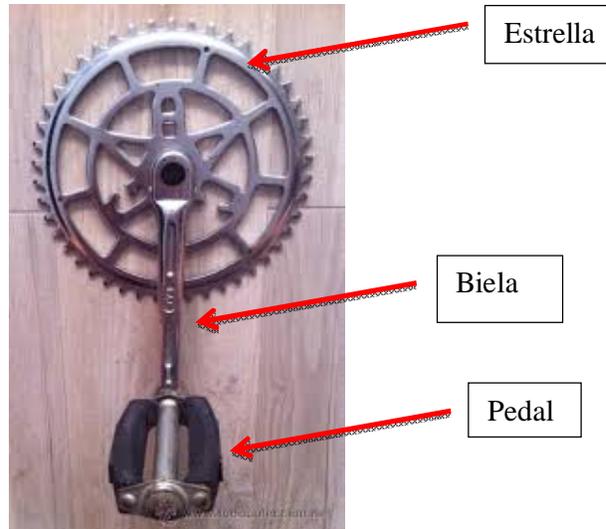


Imagen 21. Identificación física de la estrella, biela y pedal en una bicicleta. ⁴⁸

Con los resultados gráficos obtenidos del estudio (Gráfica 3 y Gráfica 4), se conoce que la mayoría de los valores de F_{pp} , tomando los valores de 100 [W]^{49} , se encuentran aproximadamente entre $150\text{-}200 \text{ [N]}$ a 100 [RPM] a 100 [W] de resistencia al pedaleo o visto de otra forma, la potencia de salida al disco de inercia. El promedio aproximado de F_{pe} es de 25 [N] a 100 [RPM] y 100 [W] . Se ve claramente en las gráficas que la fuerza aplicada es variable.

Para conocer la energía necesaria para hacer girar el disco de inercia de una bicicleta fija se necesita utilizar el concepto de momento de torsión.

Conociendo que el momento de torsión, τ se obtiene con la expresión:

$$\tau = F l \text{ [Nm]} \quad (3)$$

donde F es la fuerza aplicada por el pie del ciclista y l es la longitud del brazo palanca llamado biela.

Para conocer la energía que hace que se muevan los pedales se tiene la siguiente expresión de trabajo:

$$W = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \tau d\theta \text{ [Wh]} \quad (4)$$

Donde θ es el ángulo relativo al movimiento de los pedales:

⁴⁸ Blogspot.mx, Plato y Pedal, (España) consultada el 9/diciembre/2014 en http://1.bp.blogspot.com/-VIQ29y-HLus/Uoz7ydiOj8I/AAAAAAAAAY/_ddiRT-VHV4/s640/plato+y+pedal.jpg

⁴⁹ Se elige el valor de 100 [W] considerando que es una potencia más cómoda y menos exigente y el peor caso de potencia entregada para hacer que el disco de inercia gire cierta cantidad de revoluciones.



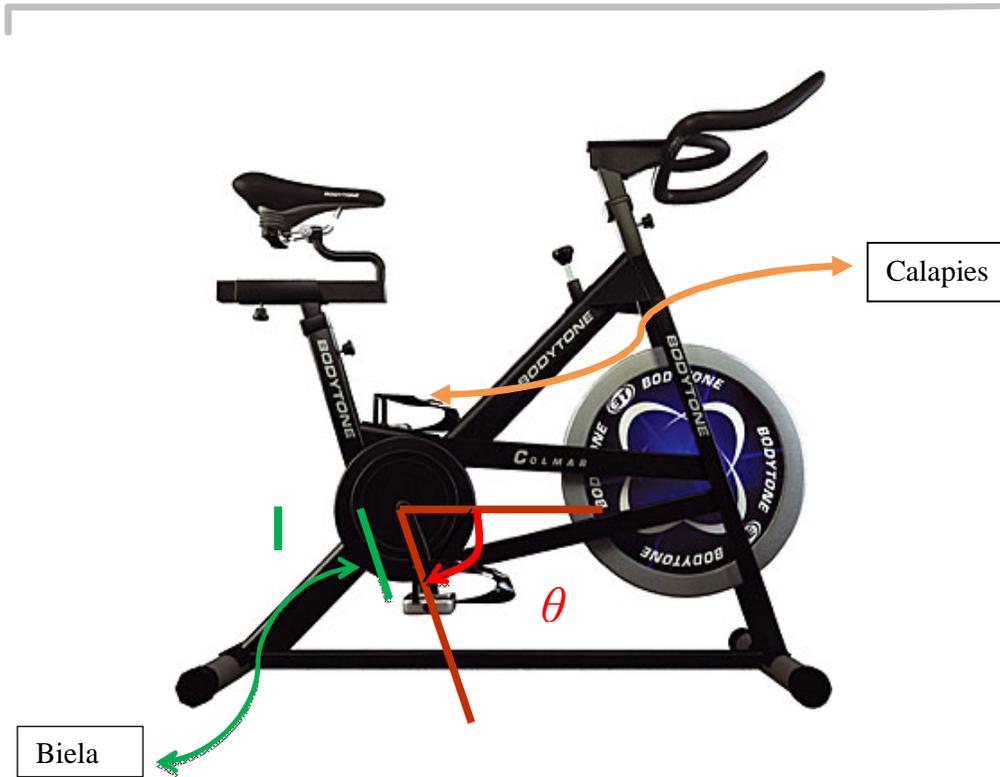


Imagen 22. Identificación de la longitud de la biela l , el ángulo θ de la biela respecto a la horizontal y la forma y ubicación del calapies.⁵⁰

La Imagen 22 indica el sentido de giro del pedal en la bicicleta fija y se muestra la pieza llamada calapie. La función del calapie es la evitar que el pie y el calzado de la persona que monta la bicicleta, se despegue del pedal, permitiendo ejercer fuerza sobre el pedal de forma más eficiente porque no solo se ejerce fuerza en los pedales al empujarlos con los pies, también con la ayuda del calapies, se jala el pedal hacia arriba, permitiendo que la fuerza aplicada a los pedales sea más continua que con una bicicleta sin calapies.

Para conocer los Wh se sustituyen los siguientes valores conocidos en la fórmula (5):

l : 0.2 [m] , longitud de la biela

F_{min} = 150[N] , valor mínimo dentro del rango de valores resultantes en la Gráfica 4

θ_1 = 0° , respecto a la horizontal

θ_2 = 90° , respecto a la horizontal en movimiento dextrógiro, considerando solo ¼ del movimiento circular de la biela

$$W = \int_{\theta_1}^{\theta_2} Fl \cos \theta d\theta = Fl \int_{\theta_1}^{\theta_2} \cos \theta d\theta = Fl(\sin \theta_2 - \sin \theta_1) \quad (5)$$

⁵⁰ bicicletas –estaticas.es, Las mejores bicicletas estáticas para fitness, (España: 2013), consultada el 10/diciembre/2014 en <http://www.bicicletas-estaticas.es/wp-content/uploads/colmar.jpg>





Quedando para $\frac{1}{4}$ de revolución de pedal:

$$W = (150[N])(0.2[m])(\text{sen}(90^\circ) - \text{sen}(0^\circ))$$

$$W = (150)(0.2)(1) = 30[\text{Wh}]$$

Y para una revolución de pedal: $4 \times 30[\text{Wh}] = 120\text{Wh}$

Este resultado nos muestra que una persona que pedalea con una fuerza máxima de 150 [N] es capaz de entregar 120 Wh de energía a la bicicleta.

Teniendo en cuenta que la eficiencia de la bicicleta estática es de alrededor del 70%⁵¹, se obtendrían teóricamente de la bicicleta alrededor de 84 Wh si se mantuviera un ritmo constante de ejercicio.

Las pérdidas de energía del 30% incluyen solo pérdidas mecánicas la bicicleta y no incluyen pérdidas eléctricas en la generación e inversión de corriente eléctrica.

La **energía promedio real generada por personas que no son atletas es de alrededor de 75 Wh.**⁵² En este trabajo de tesis se tomará la magnitud de 75 [Wh] promedio generados por persona para realizar los cálculos de generación eléctrica del sistema.

2.4 Número de bicicletas, días y horas de uso aproximadas

En promedio las personas utilizan la bicicleta estática para ejercitarse durante 26 minutos de uso sin pausas, teniendo en cuenta que no es una clase con instructor sobre bicicletas estáticas y que también se utilizan otros aparatos de ejercicio durante la estancia en el gimnasio.⁵³

⁵¹ Bob Parks, Pedal-Powered Electricity Generators: High-Voltage Workouts, (PA EUA: Bicycling 2009), 17 y 20.

Human Dynamo, Technical info, página publicitaria, (UT EUA), consultada el 13/febrero/2014 en http://www.humandynamo.com/technical_info.html

Bowes, P., A gym powered by sweat and tears, (Reino Unido: BBC news, 2009), consultada el 15/febrero/2014 en <http://news.bbc.co.uk/1/hi/technology/7796215.stm>

Alternative Energy, Human Powered Workout Gym Concept, (2009), consultada el 15/febrero/2014 en <http://www.alternative-energy-news.info/human-powered-workout-gym-concept/>

⁵² *Ibidem*.

⁵³ Enrique Piñuela Rangel, Estudio sobre la generación de electricidad por medio del ejercicio cardiovascular de las personas en bicicletas fijas, elípticas y remadoras en un gimnasio y la viabilidad económica del proyecto, Tesis grado ingeniería (México: Facultad de Ingeniería, UNAM, 2010), 47, 48, 51 y 54

Stephanie Dávalos Segura, Daniel Fernández Canalizo, Humberto García Jiménez, Diseño de un sistema generador de energía eléctrica mediante pedaleo, Tesis grado ingeniería (México: Facultad de Ingeniería, UNAM, 2010.), 29





Se consultaron los horarios de servicio de los gimnasios de la Tabla x y se establece que la mayoría tiene un horario de apertura de las 5 hrs. a las 23 hrs.

En una clase impartida por un instructor se utilizan bicicletas en grupos, por tiempos de una media hora y una hora⁵⁴, dependiendo el nivel de los usuarios, con distintas cadencias o intensidades de ejercicio, pero sin detener el movimiento de los pedales.

En una jornada de un gimnasio que da servicio de las 5 horas a las 23 horas de lunes a sábado se imparten 18 sesiones de una hora; los domingos la jornada de trabajo del gimnasio es de 6 horas, de las 8 de la mañana a las 2 de la tarde impartiendo 6 sesiones con 20 asistentes por sesión; el gimnasio tiene 30 bicicletas estáticas disponibles por sesión.

A continuación se presentan dos escenarios: la mejor semana y la peor semana. Donde la mejor semana representa a la semana donde asisten mínimo 405 clientes diario de lunes a sábado y 120 clientes los domingos; la peor semana representa una asistencia de 120 clientes diario de lunes a sábado y de 12 clientes el domingo

- La **mejor semana** referente a asistencia de clientes al gimnasio representa el siguiente caso:

En donde 9 sesiones de una hora, se utilizan las 30 bicicletas disponibles; 9 sesiones de una hora utilizan solo 15 bicicletas por sesión. Lo anterior ocurre de lunes a sábado. Los domingos disminuye la asistencia a 10 personas por clase⁵⁵. Con estos datos se puede calcular la cantidad de energía que se generará por día de la mejor semana.

De lunes a sábado:

Durante 9 horas se usan 30 bicicletas p/hora y en cada bicicleta se pueden obtener 75 [Wh], entonces:

$$75 \text{ [Wh]} \times 30 \text{ bicicletas} \times 9 \text{ horas} = 20.250 \text{ [kWh]}$$

Durante 9 horas se usan 15 bicicletas p/hora y en cada bicicleta se pueden obtener 100 [Wh], entonces:

$$75 \text{ [Wh]} \times 15 \text{ bicicletas} \times 9 \text{ horas} = 10.125 \text{ [kWh]}$$

De **lunes a sábado se generan diariamente** $20.250 \text{ [kWh]} + 10.125 \text{ [kWh]} = 30.375 \text{ [kWh/día]}$

⁵⁴ Stephanie Dávalos Segura, Daniel Fernández Canalizo, Humberto García Jiménez, Diseño de un sistema generador de energía eléctrica mediante pedaleo, Tesis grado ingeniería (México: Facultad de Ingeniería, UNAM, 2010.), 90-100

⁵⁵ *Ibidem.* 26





Considerando una eficiencia del 90% del sistema de tratamiento eléctrico, se generarían alrededor de **27.34 [kWh]**⁵⁶.

Los domingos:

Durante 6 horas se usan 20 bicicletas p/hora y en cada bicicleta se pueden obtener 75 [Wh], entonces:

$$75 \text{ [Wh]} \times 20 \text{ bicicletas} \times 6 \text{ horas} = 9 \text{ [kWh]}$$

Los **domingos se generan 9 [kWh/día]**

Considerando una eficiencia del 90% del sistema de tratamiento eléctrico, se generarían alrededor de **8.1 [kWh]**⁵⁷.

- La **peor semana** referente a asistencia de clientes al gimnasio representa el siguiente caso:

Donde 5 clases de una hora se utilizan solo 10 bicicletas de las 30 disponibles; 13 clases de una hora utilizan solo 5 bicicletas por clase. Lo anterior ocurre de lunes a sábado. Los domingos disminuye la asistencia a solo 2 personas por clase. Con estos datos se puede calcular la cantidad de energía que se generará por día de la peor semana.

De lunes a sábado:

Durante 6 horas se usan 10 bicicletas p/hora y en cada bicicleta se pueden obtener 75 [Wh], entonces:

$$75 \text{ [Wh]} \times 10 \text{ bicicletas} \times 6 \text{ horas} = 4.5 \text{ [kWh]}$$

Durante 12 horas se usan 5 bicicletas p/hora y en cada bicicleta se pueden obtener 75 [Wh], entonces:

$$75 \text{ [Wh]} \times 5 \text{ bicicletas} \times 12 \text{ horas} = 4.5 \text{ [kWh]}$$

De **lunes a sábado se generan diariamente** $4.5 \text{ [kWh]} + 4.5 \text{ [kWh]} = 9 \text{ [kWh/día]}$

Considerando una eficiencia del 90% del sistema de tratamiento eléctrico, se generarían alrededor de **8.1 [kWh]**⁵⁸.

Los domingos:

⁵⁶ Ver Anexo 1 sobre interconexión a CFE

⁵⁷ Ibídem

⁵⁸ Ibídem





Durante 6 horas se usan 2 bicicletas p/hora y en cada bicicleta se pueden obtener 100 [Wh], entonces:

$$75 \text{ [Wh]} \times 2 \text{ bicicletas} \times 6 \text{ horas} = 900 \text{ [Wh]}$$

Los **domingos se generan** 900 [Wh/día]

Considerando una eficiencia del 90% del sistema de tratamiento eléctrico, se generarían alrededor de **810 [Wh]**⁵⁹.

La Tabla 7 muestra un comparativo entre los dos escenarios anteriores.

ESCENARIOS: MEJOR Y PEOR ASISTENCIA DE CLIENTES AL GIMNASIO				
CONCEPTO	Mejor Semana		Peor Semana	
	Lunes-Sábado	Domingo	Lunes-Sábado	Domingo
No. Clientes	405	120	120	12
Promedio de Bicicletas usadas por sesión	23	20	7	1
KWh/día generados	27.34	8.1	8.1	0.8

Tabla 7. Energía generada durante la mejor semana y durante la peor semana. Considerar que la planta purificadora requiere para purificar y llenar 200 garrafones de agua al día, 20 [kWh].⁶⁰

El potencial de generación de las bicicletas fijas en la mejor semana es de 27.34 [kWh] diarios de lunes a sábado y de 8.1 [kWh] los domingos.

El potencial de generación de las bicicletas fijas en la peor semana es de 8.1 [kWh] diarios de lunes a sábado y de 0.8 [kWh] los domingos.

La mejor semana permite cubrir los requerimientos de energía que requiere la planta purificadora para funcionar al 100% de su capacidad.⁶¹

Se plantea el uso del sistema de generación interconectado a CFE, el cual determina que la energía eléctrica renovable generada se transmite a la red eléctrica nacional, o el sistema autónomo que permite almacenar la energía eléctrica generada en acumuladores.

2.5 Acoplamiento del generador a la bicicleta estática

La idea de diseño es acoplar el disco de inercia de la bicicleta estática al eje del generador. La transmisión del movimiento es por fricción entre el disco de inercia y el reductor de rpm.

⁵⁹ Ibidem

⁶⁰ Elaboración propia considerando 75 [Wh] promedio de generación por persona.

⁶¹ Ver Tabla 8





Debido a que las rpm promedio en una sesión o clase con bicicletas estáticas es de 6600 [rpm]⁶² y la MIFA por utilizar genera 12 [V] y 100 [W] a 130 [rpm]⁶³ es necesario un reductor de [rpm] para que la MIFA trabaje a las rpm adecuadas.

El dispositivo de acoplamiento y el generador no deben interferir con el uso normal y seguro de la bicicleta fija, esto es, que no debe poner obstáculos, su presencia debe ser lo menos perceptible para el usuario, tanto a simple vista como en el uso de la bicicleta, no debe generar ruidos molestos o representar un peligro para el usuario de la bicicleta fija.

El generador debe ser de fácil instalación y acoplamiento para la mayoría de las marcas de bicicletas fijas para gimnasio y se debe evitar la modificación o maltrato de la bicicleta estática.



Imagen 23. Ejemplos de acoplamiento por fricción.⁶⁴

La imagen 23 muestra las posibles ubicaciones del generador eléctrico acoplado al disco de inercia de la bicicleta estática.

Conclusiones

La MIFA posee las características técnicas necesarias para usarse como generador eléctrico acoplado al disco de inercia de una bicicleta estática.

Se tiene un potencial teórico de generación eléctrica por persona de 100 [Wh] y un potencial real promedio de 75 [Wh], considerando las pérdidas de energía en la bicicleta.

La eficiencia de la bicicleta estática es de alrededor del 70% y la eficiencia del sistema de tratamiento eléctrico es de alrededor del 90%, por lo tanto hay un 40% de pérdidas de energía.

⁶² Stephanie Dávalos Segura, Daniel Fernández Canalizo, Humberto García Jiménez, Diseño de un sistema generador de energía eléctrica mediante pedaleo, Tesis grado ingeniería (México: Facultad de Ingeniería, UNAM, 2010.), 65

⁶³ Ver Tabla 4

⁶⁴ yaprofi.net, imagen publicitaria, (2013), consultada el 10/noviembre/2014 en <http://www.yaprofi.net/wp-content/uploads/2013/05/plugout-02.png.pagespeed.ce.HFiA8c80iK.png>





Se calcula que un gimnasio con 30 bicicletas estáticas y con 270 clientes diarios que usan las bicicletas durante una hora cada uno, son suficientes para generar la energía eléctrica que necesita la purificadora de agua para funcionar a su 100% de capacidad.





Propuesta del



sistema de



purificación





Capítulo 3. Propuesta del sistema de purificación

Introducción

Para que el agua sea apta para consumo humano es necesario que no provoque enfermedades de origen microbiológico o de origen químico y que no tenga sabor, olor ni color desagradable.

Existen las siguientes fuentes u orígenes de abastecimiento del agua destinada para consumo humano: lluvia, nieve, ríos, lagos, subterránea, marina, deshielos y vapor de agua.

Dependiendo la concentración y tipo de contaminantes se utilizan distintos métodos combinados de potabilización de agua.

3.1 Calidad del agua, filtrado y desinfección

Para evitar los problemas de salud en las personas derivados del consumo de agua no potable es necesario garantizar su calidad física, química y microbiológica.

El agua se considera de calidad para consumo humano cuando cumple con los siguientes atributos de calidad:

1. Físicos u organolépticos: características del agua percibidas por los sentidos que consideran al agua "agradable" por su sabor, olor, textura y color.
2. Químicos: concentración con un límite permisible de elementos o compuestos químicos que pueden causar efectos nocivos a la salud humana.
3. Microbiológicos: contenido con un límite permisible de microorganismos nocivos para la salud humana.

Para lograr que el agua cumpla con los requerimientos de calidad para consumo humano, se somete a procedimientos de descontaminación o purificación.

3.2 Métodos de purificación del agua

Existen diversos métodos de tratamiento del agua, divididos en químicos, físicos y biológicos los cuales al aplicarse garantizan la calidad del agua para consumo humano.

Los métodos físicos se refieren al uso de la sedimentación, al uso de radiación infrarroja y ultravioleta para inactivar la reproducción de microorganismos, así como a la filtración del agua utilizando algún medio filtrante; pantallas, arenas, gravas,





membranas, fibras y carbón mineral activado sirven para retener partículas sólidas, sustancias y microorganismos, según el tipo de medio filtrante.

Los métodos químicos incluyen a aquellos en donde se adicionan elementos o productos químicos al agua a tratar para prevenir y/o evitar la formación de sustancias y/o microorganismos nocivos.

En los métodos biológicos se controla el medio ambiente y crecimiento de algas y microorganismos encargados de descomponer materia orgánica (nutrientes) e incorporarlos a su metabolismo. Son métodos muy utilizados en el tratamiento de aguas residuales.

3.2.1 Filtración

La filtración⁶⁵ es la separación de partículas sólidas o semisólidas suspendidas en un fluido. El material encargado de hacer esta separación y retención es llamado medio filtrante y es necesario que sea poroso, fibroso o granular.

Existen diferentes mecanismos de filtración a utilizar según el grado de fineza o separación de sólidos y fluido requerido. El tamaño de partícula suspendida, el método usado en la medición del tamaño de partículas, los mecanismos de separación y la estructura del medio filtrante nos definen el tipo de filtración necesario.

µm	0.001	0.01	0.1	1	10	100	1000
Intervalo	Iónico	Molecular	Macromolecular		Micropartícula		Macropartícula
Ejemplos	Soluciones acuosas Radio Atómico Azúcar Iones metálicos	Endotoxinas, piróginos Virus Pigmentos sintéticos	Macromolecular Humo de tabaco Emulsión de látex		Bacterias Pruebas de polvo fino		Arena de playa Carbón activado Granulado Camas de resinas de intercambio iónico Células sanguíneas Polen Cabello Humano
Proceso de filtración	Hiperfiltración Nanofiltración		Ultrafiltración		Microfiltración	Quistes de Gandialambila Filtración de partículas	Polvos

Imagen 24. Diferentes niveles o tipos de filtración de acuerdo al tamaño de la partícula sólida suspendida.⁶⁶

⁶⁵ Lucila C. Méndez Chávez, Filtración: consideraciones básicas, imagen ilustrativa, (México: Facultad de Química, Unam), consultada el 20/junio/2014 en <http://depa.fquim.unam.mx/filtracion/definicion.html>





La Imagen 24 muestra ejemplos de distintos contaminantes del agua y el proceso de filtración necesario para retener la contaminación.

Existen tres tipos de mecanismos de filtración:

1. *Filtración por superficie o por medio filtrante*: las partículas de mayor tamaño que los poros del medio filtrante se acumulan en la superficie formando una fina capa, pero las partículas de menor tamaño que los poros del medio filtrante logran entrar y bloquear los capilares del filtro.
2. *Filtración profunda*: las partículas suspendidas que son de menor tamaño que los poros del medio filtrante son retenidas dentro de él adhiriéndose a sus paredes o sobre las partículas ya retenidas, esto aumenta la retención de partículas y la resistencia al paso del fluido; cuando el medio filtrante se satura de partículas retenidas debe ser removido.
3. *Filtración por depósito y acumulación de partículas*: también conocido como filtración por lecho o torta, donde este lecho se forma porque las partículas son retenidas en la superficie del medio filtrante sin penetrar en él. Según las características del lecho es posible que también actúe como medio filtrante.

Es importante mencionar que el sistema de potabilización por elegir depende totalmente de las características del agua sin potabilizar, esto es, del tipo de contaminantes contenidos y su concentración.

El sistema que se describe a continuación es útil para purificar agua de la red de suministro público, la cual se considera potable. Sin embargo durante el recorrido del agua de la planta potabilizadora hasta el punto de uso, se pone en contacto con distintos contaminantes.

El sistema de potabilización está compuesto por cuatro etapas de filtración a presión hidroneumática: filtración multimedia, de carbón activado, suavizador y pulidor; también se usa una etapa de desinfección con radiación ultravioleta. Todos son métodos físicos para obtener agua potable.

⁶⁶ Lucila C. Méndez Chávez, Filtración: consideraciones básicas, imagen ilustrativa, (México: Facultad de Química, Unam), consultada el 20/junio/2014 en <http://depa.fquim.unam.mx/filtracion/consideraciones.html>



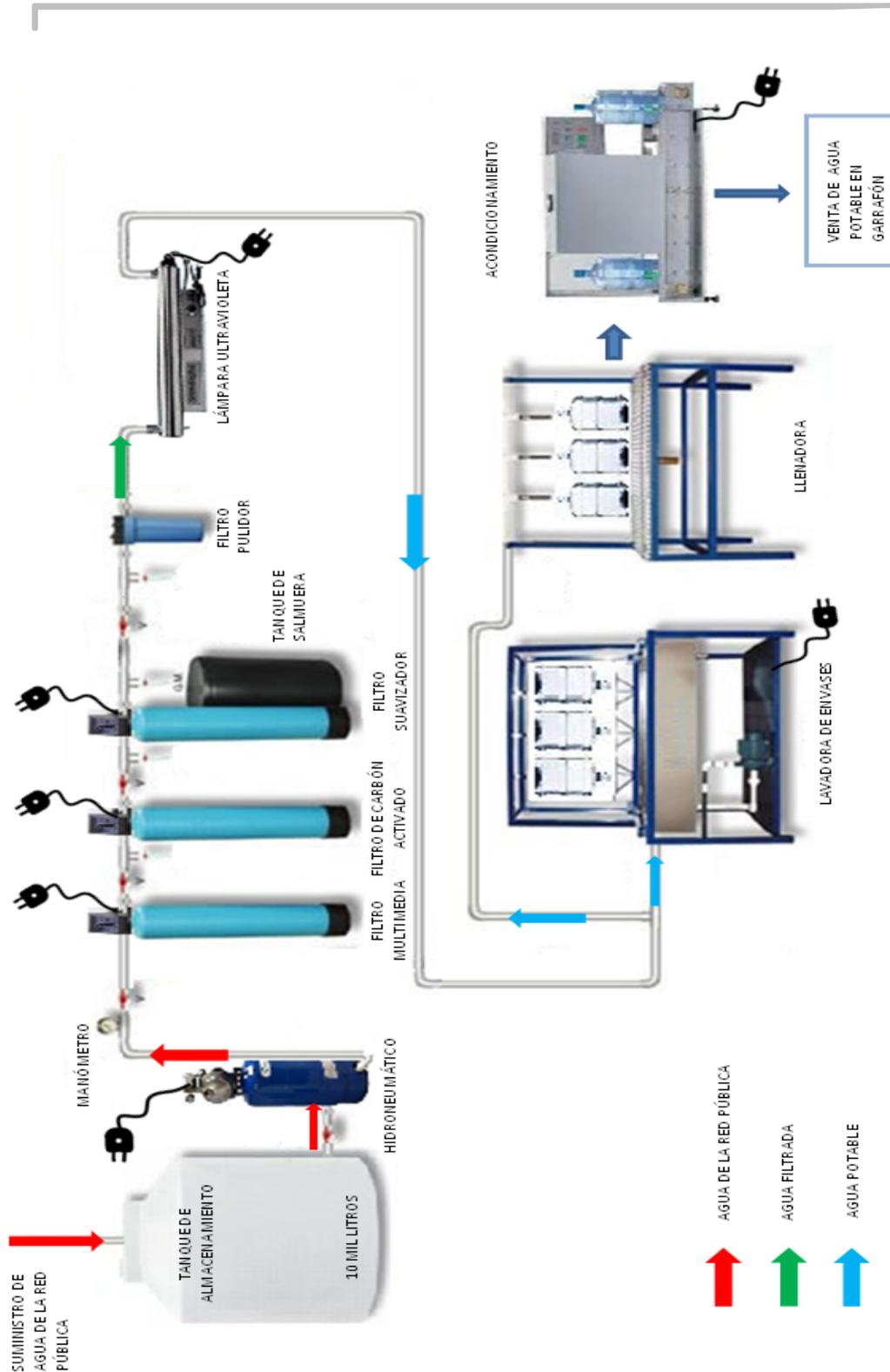


Imagen 25. Equipo necesario para una planta purificadora de 200 garrafones diarios de agua purificada. Se indican los equipos que necesitan conexión eléctrica.⁶⁷

⁶⁷ manantialwater.com.mx, imagen publicitaria adaptada (México: 2010), consultada el 23/junio/2014 en <http://www.manantialwater.com.mx/imagenes/diagrama-purificadora-de-agua-3.png>





El sistema de purificación de agua mostrado en la Imagen 25 está diseñado para purificar 200 garrafones de 20 litros por día.

3.2.1.1 Filtro Multimedia

Es la primera etapa en el proceso de purificación de agua. También es conocido como filtro multicapa, multimedia, de lecho profundo o de sedimentos.

Debe su nombre al medio filtrante que se compone de capas de distintos materiales y en donde se retienen impurezas sólidas formando sedimentos.

Es común el uso de dos o más de los siguientes materiales como medios filtrantes: arena de sílice (0.5-1 mm), antracita (1.5-2 mm), granate (0.8-1.2 mm) y grava (0.8-1.2 mm), los cuales mantienen su separación dentro del recipiente que los contiene debido al adecuado orden por densidades y grosores de partícula.

Son útiles para disminuir la turbidez, eliminar flóculos del agua coagulada y reducir la presencia de óxidos de hierro y manganeso.

Tiene la desventaja de que al ser un recipiente cerrado no es posible asegurar el correcto funcionamiento del filtro en su interior.

La Imagen 26 muestra las capas internas del medio filtrante del filtro multimedia.

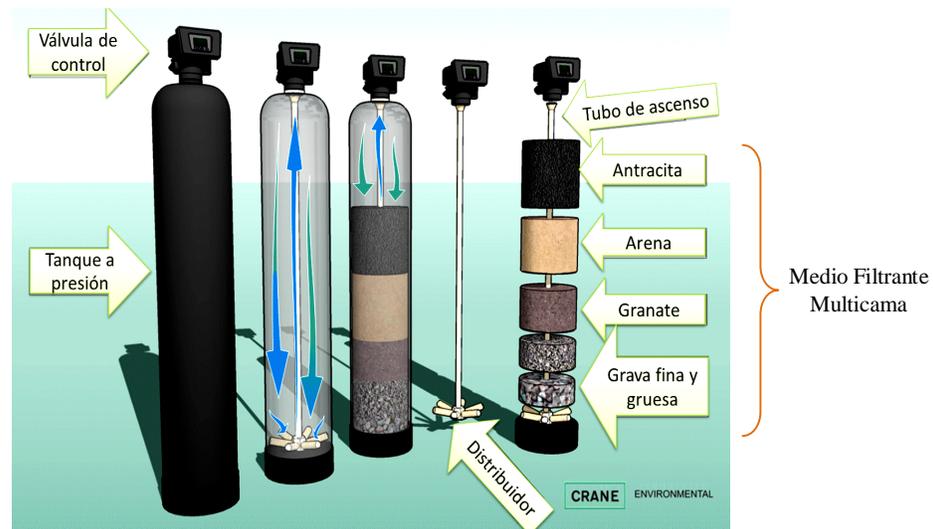


Imagen 26. El Filtro multimedia y sus medios filtrantes.⁶⁸

El filtro funciona de la siguiente manera: se suministra al tanque agua a presión por medio del hidroneumático; el agua atraviesa hacia abajo las capas del medio

Aquarent, Catálogo de productos, (México: 2006), consultada el 18/septiembre/2014 en <http://www.living-water.org/id68.htm>

⁶⁸ embotelladoras.org, imagen publicitaria adaptada, (México), consultada el 26/agosto/2014 en <http://www.embotelladoras.org/wp-content/uploads/2013/01/filtro-multimedia.png>





filtrante y los sólidos suspendidos, de 5-15 micrómetros en adelante son retenidos formando un sedimento o lodo en la superficie del medio filtrante. Periódicamente se hace un contralavado o descolmatación, esto es, se hace fluir el agua de forma inversa a la de filtrado para desprender las impurezas sólidas retenidas por el medio filtrante, lavándolo y desechando los sólidos acumulados. El agua filtrada pasa a la segunda etapa de tratamiento.

3.2.1.2 Filtro de carbón activado

Es un filtro compuesto de partículas de material carbonoso, normalmente de madera, cáscara de coco o turba. El calentamiento controlado del material carbonoso origina la activación, esto es, una gran superficie específica (500-1500 m²/g) y afinidad por los compuestos orgánicos, la cual se manifiesta en el fenómeno de la adsorción.

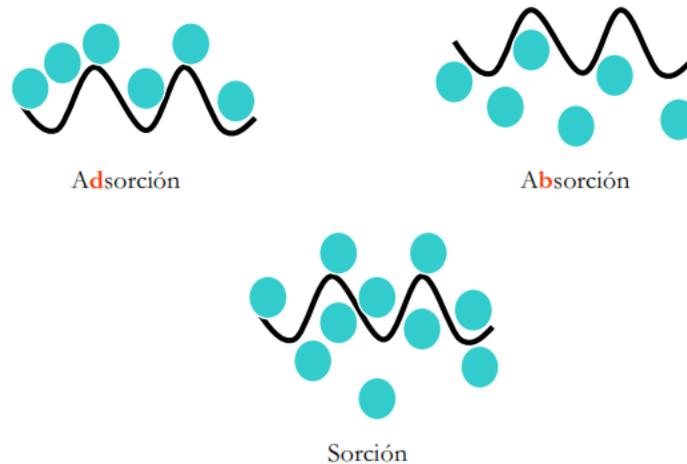


Imagen 27. Explicación gráfica de la adsorción.⁶⁹

La Imagen 27 explica el comportamiento de los materiales absorbentes, adsorbentes y sorbentes. La adsorción es un fenómeno donde un material adsorbente retiene en su superficie a otro material.

Existen principalmente tres presentaciones de carbón activado: en polvo, en gránulos y en cartucho.

Para la calidad de agua suministrada por la red de servicio público es necesaria la presentación en gránulos, ya que es la que se adapta mejor a sus características. Esta segunda etapa de filtración es útil para eliminar los malos olores, sabores y color desagradable del agua, compuestos orgánicos volátiles, retener plaguicidas, cianotoxinas, cloro e incluso radón.

⁶⁹ Lucila C. Méndez Chávez, Filtración: consideraciones básicas, imagen ilustrativa, (México: Facultad de Química, Unam), consultada el 20/junio/2014 en <http://depa.fquim.unam.mx/filtracion/consideraciones.html>





Un mantenimiento frecuente y periódico de estos filtros es necesario para evitar obstrucciones de tuberías y para asegurarse del correcto funcionamiento del filtro. Este tipo de filtros no retiene bacterias, metales ni nitratos; además su disposición final no es sencilla si el filtro contiene compuestos orgánicos tóxicos.



Imagen 28. Filtro de carbón activado.⁷⁰

El filtro de carbón activo funciona así: se inyecta el agua proveniente del filtro multimedia al recipiente contenedor de carbón activo con ayuda de la presión generada por el hidroneumático. El agua atraviesa el material carbonoso activado de arriba hacia abajo; el carbón adsorbe en su gran área específica los componentes del agua que le dan mal sabor, color y aroma.

El tiempo de vida útil de este filtro es función de su capacidad de adsorción y del tiempo de contacto del agua con el carbón. El agua al salir del filtro entra a la tercera etapa, el filtrado suavizador.

3.2.1.3 Filtro suavizador

Tiene ese nombre porque suaviza o ablanda al agua dura. Los términos de "agua blanda" y "agua dura" se refieren al nivel de concentración de sales solubles de calcio (Ca) y de magnesio (Mg). La siguiente tabla muestra los valores de concentración:

CONCENTRACIÓN DE CALCIO (Ca) Y MAGNESIO (Mg) EN EL AGUA	
Concentración (Ca + Mg) [mg/L]	Características
0-75	Blanda
75-200	Moderadamente dura
200-300	Dura
> 300	Muy Dura

Tabla 8. Concentraciones de calcio y magnesio en el agua.⁷¹

⁷⁰TSK, imagen publicitaria, consultada el 23/junio/2014 en http://www.tskmarketing.co.za/rotekwater/images/carbon_filter.gif





La función de este filtro es retener las sales solubles de calcio y magnesio por medio del intercambio iónico. En otras palabras, este filtro ablanda el agua cuando disminuye la concentración de cationes ^{+}Ca y ^{+}Mg .

El intercambio iónico es un proceso por el que los iones de calcio, magnesio y de otros elementos, son atraídos por electrostática, retenidos y sustituidos por los iones del medio filtrante; el medio filtrante generalmente es de resinas a base de copolímeros de poliestireno sulfonado, eficientes intercambiadores de iones; la solución de cloruro de sodio es la encargada de renovar los iones de sodio que el medio filtrante intercambia.

Debido a que es un proceso de intercambio iónico de cargas iguales, existen resinas con distinta afinidad a distintos elementos. Por lo tanto para remover cationes de ^{+}Ca y ^{+}Mg se necesita resina catiónica afin a estos elementos.

También es posible intercambiar iones de algunos metales pesados, iones nitrato, arsénico y selenio, utilizando la resina afin correspondiente.

El filtro suavizador añade sodio al agua al hacer el intercambio iónico. El sodio puede volver corrosiva al agua y también puede incrementar el riesgo de la salud de personas hipertensas.

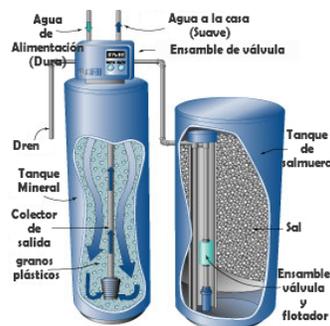


Imagen 29. Filtro suavizador. ⁷²

El filtro funciona de la siguiente forma: con la presión del hidroneumático se inyecta el agua proveniente del filtro de carbón activado hacia el filtro suavizador. El agua cae al interior y atraviesa el lecho de resina efectuándose el intercambio de iones; los iones que se desean eliminar del agua son atraídos electrostáticamente hacia la superficie de los gránulos de resina y los iones de sodio de la resina son liberados en el agua.

⁷¹ Julián Soto F., La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias, Ingeniería Investigación y Tecnología, (México: IPN, 2009), 172

⁷² TodoAgua, Suavizador de agua de 1.5 pie cúbico válvula de control manual, imagen publicitaria, (México: 2007) consultada el 24/junio/2014 en http://www.todoagua.aqua-soft.com.mx/images/Descripcion_articulos/water_softener_diagram.jpg



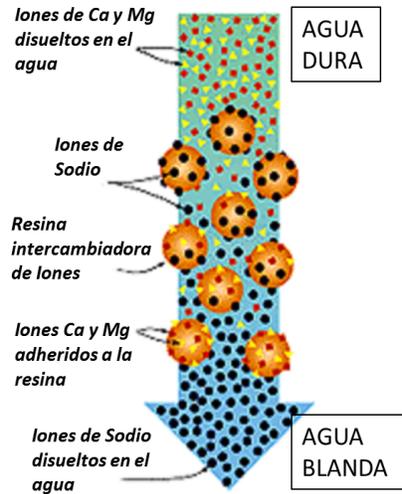


Imagen 30. Purificación de agua dura a agua blanda.⁷³

La resina tiene una capacidad definida de intercambio de iones. Cuando los iones de sodio son insuficientes para ablandar el agua, se tiene que inyectar una solución de cloruro de sodio para regenerar los iones Sodio de la resina y al mismo tiempo desechar los iones de *Ca* y *Mg*; esto se hace con un contralavado.

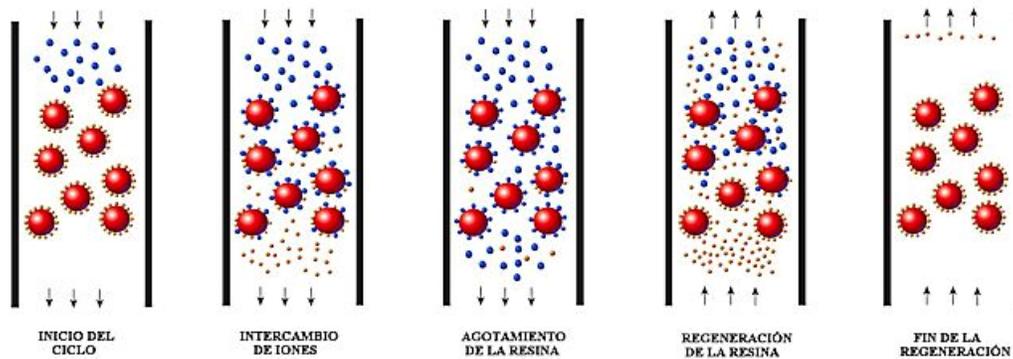


Imagen 31. Comportamiento de la resina de intercambio iónico.⁷⁴

3.2.1.4 Filtro Pulidor

El cuarto paso para obtener agua potable es el filtro pulidor, que como su nombre lo dice, se encarga de que el agua luzca brillante y transparente.

La finalidad de este filtro es la de retener partículas suspendidas en el agua de hasta 5 micras que hacen que el agua se vea opaca.

⁷³ Hidrosoluciones, Provisión de ablandadores automáticos de agua, adaptación de imagen descriptiva, (Argentina), consultada el 2/julio/2014 en <http://www.hidrosoluciones.com.ar/images/ablandamiento-por-intercambio-ionico.gif>

⁷⁴ Aquatracta S.L., Funcionamiento de un descalsificador, imagen descriptiva, consultada el 4/julio/2014 en <http://www.aquatracta.com/Imagenes/Intercambio%20ionico.jpg>



Son filtros que vienen en presentación de cartucho y son conocidos como filtros de superficie plegada. El medio filtrante es una delgada hoja plegada de tela sin tejer o de membrana, hechas de polímeros que retienen partículas en su superficie. Estos filtros de cartucho se cambian cuando ya se han saturado de partículas retenidas, esto es, cuando disminuye el flujo de agua filtrada.



Imagen 32. Ejemplos de filtros pulidores. ⁷⁵

El filtro pulidor funciona así: el agua proveniente del filtro suavizador se inyecta, con la presión del hidroneumático 1, al interior del contenedor donde se encuentra el cartucho del filtro pulidor. El agua se pone en contacto con la parte exterior de la fibra plegada, reteniendo las partículas de 5 micras y mayores, fluyendo el agua pulida por el interior del cartucho hasta la salida del contenedor.

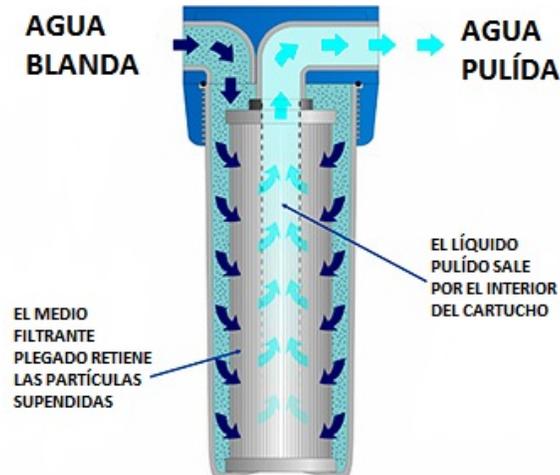


Imagen 33. Función del filtro pulidor. ⁷⁶

El agua filtrada en los cuatro pasos anteriores aún no es agua potable. Para que lo sea es necesario desinfectarla.

⁷⁵ Big Al's, Micron cartridge for magnum 220/350, imagen publicitaria, (2011), consultada el 5/julio/2014 en http://www.bigalspets.ca/search/thumb.php?s=135&f=http%3A%2F%2Fwww.bigalspets.ca%2Fmedia%2Fcatalog%2Fproduct%2F5%2F7%2F5706_1.jpg

⁷⁶ Shriver, Filtro pulidor de cartuchos, imagen descriptiva, (México), consultada el 7/julio/2014 en Adaptado de <http://www.shriver.com.mx/images/FiltroWEB.jpg>





3.2.2 Etapa de desinfección

La desinfección del agua tiene por objetivo destruir y evitar la reproducción de microorganismos causantes de enfermedades transmitidas por el agua hacia el ser humano.

Los principales y más usados desinfectantes son de origen químico, por su eficacia y bajo costo. El hipoclorito de sodio o cloro, es el desinfectante químico más utilizado.

En la planta de purificación propuesta en esta tesis se utiliza un desinfectante físico; un dispositivo que emite radiación electromagnética en el rango ultravioleta (10 nm-400nm de longitud de onda) y es conocido como lámpara de luz ultravioleta (UV). La acción desinfectante se lleva a cabo cuando la radiación UV tiene algún valor dentro del rango de la curva biocida, esto es, de 180 a 320 nm. La radiación UV biocida es capaz de dañar la información contenida en el ADN de los microorganismos, impidiendo que se reproduzcan.

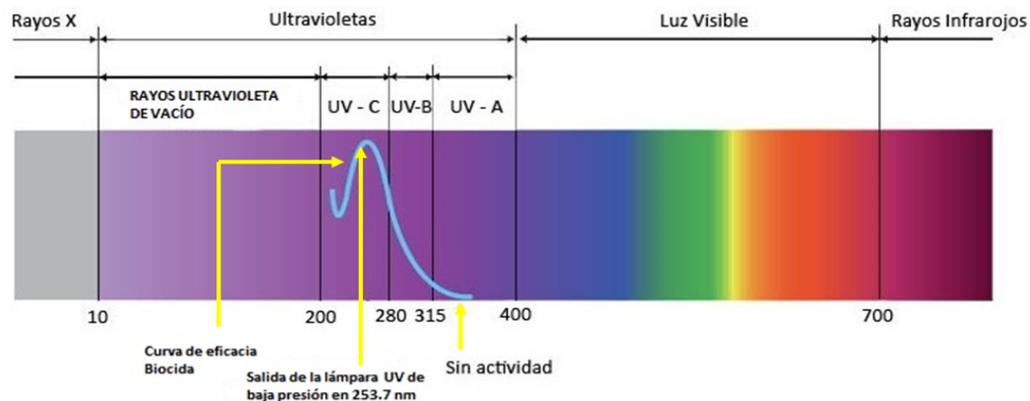


Imagen 34. Ubicación de la radiación UV dentro del espectro electromagnético.⁷⁷

El agua desinfectada con luz UV no genera ningún tipo de residuo o cambio de propiedades en el agua, solo inactiva a la mayoría de los microorganismos patógenos.

La turbidez del agua, el diseño del reactor y las lámparas gastadas disminuyen la eficacia biocida de la radiación UV.

El funcionamiento de la lámpara UV es el siguiente: el agua proveniente del filtro pulidor impulsada por el hidroneumático entra en la cámara-reactor de la lámpara UV encendida; la radiación UV incide sobre los microorganismos, dañando su ADN. A la salida de la cámara-reactor, el agua está desinfectada.

⁷⁷ Academia Española de Dermatología y Venereología, Fototerapia, imagen ilustrativa, (España), consultada el 8/julio/2014 en http://aedv.es/sites/default/files/upload/images/Fototerapia_%20Quemaduras%20solares%20-%20Figura%201.jpg





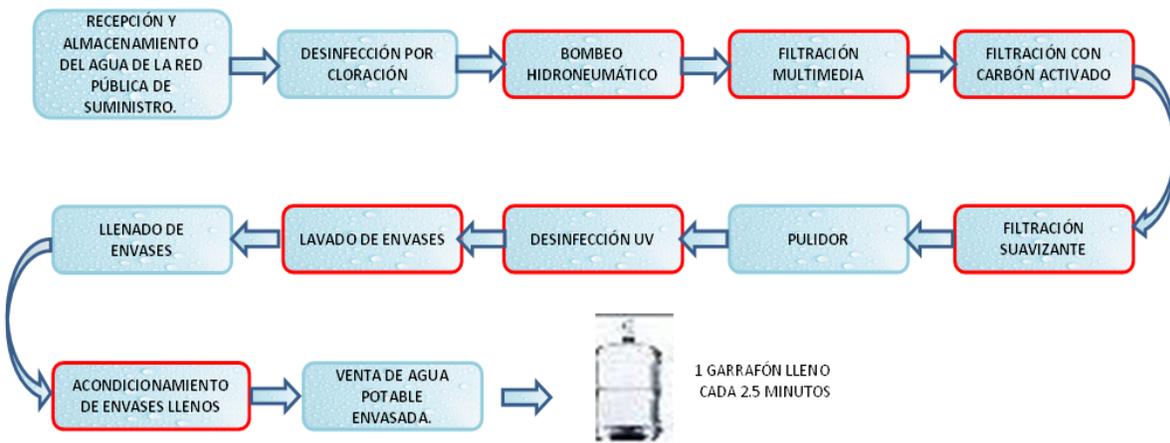
A partir de este momento el agua ya es potable y se puede consumir sin peligro de contraer enfermedades causadas por el agua contaminada.

Es importante que después de las etapas de filtración exista una etapa de desinfección. Esto por dos razones: eliminar e impedir la propagación de microorganismos patógenos, además, el agua filtrada presenta mínima cantidad de partículas y flóculos, lo que la hace limpia y cristalina, por lo que la acción desinfectante es más efectiva.

3.3 Capacidad y operación de la planta

La planta de potabilización está diseñada para surtir agua dentro de 200 envases en forma de garrafón de 20 litros cada uno, en 10 horas de operación continua. El tiempo teórico invertido aproximado por garrafón llenado es poco menos de 2.5 minutos.

Diagrama de Proceso para obtener agua potable envasada a partir del agua suministrada por la red pública



--- Necesita alimentación eléctrica

Imagen 34. Diagrama de proceso de la planta purificadora de agua.⁷⁸

3.4 Proceso de purificación

1. El proceso de purificación del agua recibida por la red pública de suministro comienza con la **desinfección por cloración** del agua almacenada en un tanque de plástico de 10000 litros durante 30 minutos.

⁷⁸ Elaboración propia con base en Imagen 25





2. **Se bombea el agua** con el hidroneumático hacia las etapas de filtración y desinfección UV.
3. **Se filtra** el agua en 4 etapas **y se desinfecta** con radiación UV.
4. Con la ayuda del hidroneumático se bombea el agua purificada para **lavar los envases** con jabón biodegradable.
5. **Los envases limpios se llenan** con el agua potable proveniente del hidroneumático.
6. **Se acondicionan los garrafones** para su venta, esto es, se les pone tapa y sello plastificado.

Hay 8 equipos, como se observa en Imagen 34, que necesitan energía eléctrica para que realicen su función dentro del proceso.

A continuación se presenta una tabla con las características eléctricas de cada equipo.

POTENCIA Y ENERGÍA ELÉCTRICAS DEL EQUIPO DE LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA				
# CARGA	EQUIPO*	WATTS	TIEMPO DE USO (HORAS)	WH/DÍA
1	Hidroneumático	1119	9.4	10518.6
2	Filtro Multimedia	20	9.4	188
3	Filtro Cabón Activo	20	9.4	188
4	Suavizador	20	9.4	188
5	Lámpara UV	55	9.4	517
6	Lavado de envases	559.5	6.7	3748.65
7	Acondicionamiento	2000	0.7	1400
8	Iluminación	300	10	3000
		4093.5	TOTAL	19748.25

Tabla 9. Equipo de purificación que necesita energía eléctrica para funcionar.⁷⁹

El Total de la tabla anterior indica que se necesita un acumulado diario de 20 [kW hora] de generación eléctrica máxima, porque se supone que se llenan 200 garrafones en 10 horas.

Para tener esa cantidad de energía disponible al momento en que se necesita purificar el agua es necesario disponer algún tipo de sistema de generación eléctrica: autónomo o interconectado.

A continuación se describe el sistema autónomo y el sistema interconectado, para elegir el apropiado para este trabajo de tesis.

3.5 Sistema autónomo de generación eléctrica

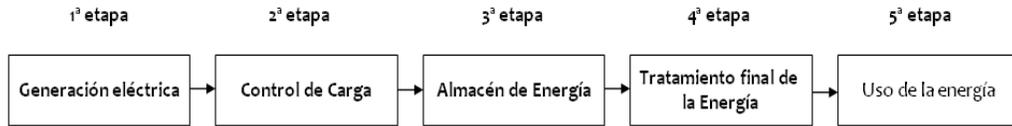
⁷⁹ Juan Carlos Cortés Gonzáles, Luis Fernando Escobar Flores, Sergio Adrian Gutiérrez Ramírez, Marco Antonio Lechuga Gómez, David Velázquez Aguilar, Implementación de una planta purificadora, envasadora y distribuidora de agua potable, Tesis grado ingeniería, (México: IPN, 2009), 66-68





El sistema autónomo se caracteriza por no depender del uso de la energía eléctrica suministrada por CFE. Su implementación es preferible en zonas donde la distribución de electricidad no existe. El sistema autónomo está compuesto por 5 etapas de tratamiento de la energía.

**ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA
GENERADA CON BICICLETAS ESTÁTICAS
SISTEMA AUTÓNOMO**



A continuación el mismo diagrama pero con correspondencia por etapas para la generación eléctrica con bicicletas y posterior purificación de agua:



Imagen 35. Subsistemas del sistema autónomo de generación eléctrica con bicicletas estáticas.⁸⁰

La Imagen 35 muestra cinco etapas que a semejanza de un sistema de tratamiento eléctrico con energía solar fotovoltaica o energía eólica, tienen subsistemas semejantes.

3.5.1 Generación Eléctrica (1ª Etapa)

Esta etapa esta compuesta por la bicicleta acoplada a un generador MIFA de CD, analizado en el Capítulo 1, "Generación eléctrica", y en el Capítulo 2, "Propuesta del sistema de generación eléctrica", de esta tesis.

Considerando que en una sesión se pueden usar 30 bicicletas fijas⁸¹, por lo tanto se conectarán 30 generadores MIFA con el siguiente arreglo del sistema de generación:

⁸⁰ Gilberto Enríquez Harper, Instalaciones y Sistemas Fotovoltaicos, (México: Limusa, 2014), 134 y 135

⁸¹ Stephanie Dávalos Segura, Daniel Fernández Canalizo, Humberto García Jiménez, Diseño de un sistema generador de energía eléctrica mediante pedaleo, Tesis grado ingeniería (México: Facultad de Ingeniería, UNAM, 2010.), 85-89





DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL GRUPO GENERADOR COMPUESTO POR 30 MIFA's
EN CONFIGURACIÓN PARALELO-SERIE

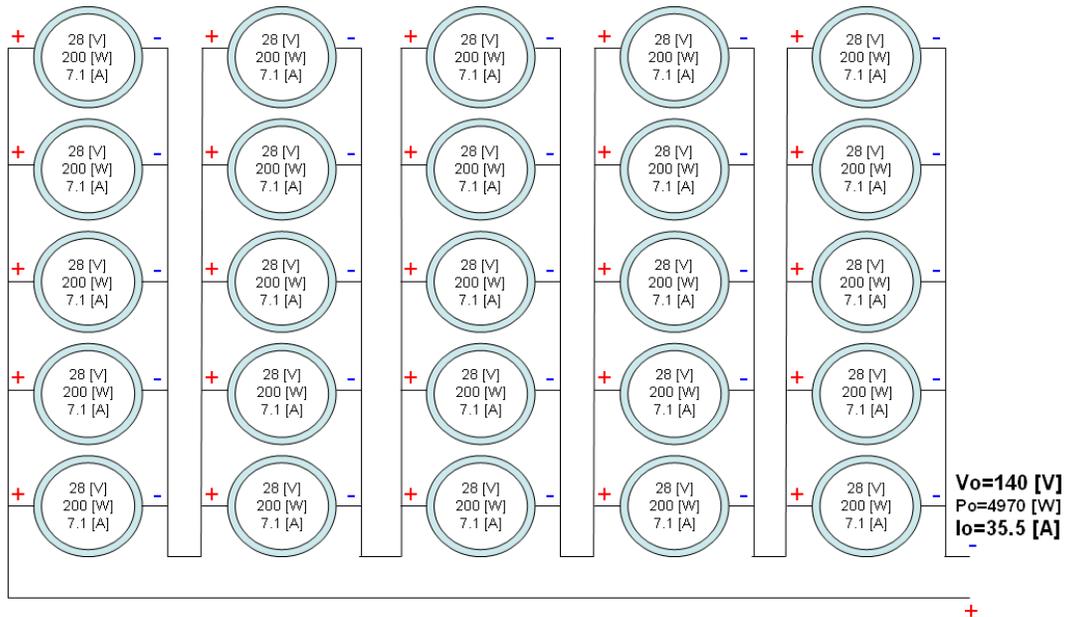


Imagen 36. Propuesta de configuración de MIFAs. ⁸²

Donde:

- V_o : voltaje de salida máximo del grupo generador
- P_o : potencia de salida máximo del grupo generador
- I_o : corriente de salida del grupo generador

El arreglo de MIFAs propuesto en la Imagen 36 es para ejemplificar una configuración. En la práctica se debe elegir una configuración que permita tener valores de voltaje y corriente apropiados para acoplarse a un controlador de carga comercial.

3.5.2 Control de carga (2ª Etapa)

Así como las baterías tienen un límite de profundidad de descarga que hay que evitar rebasar para no disminuir su tiempo de vida útil, también tienen un límite de carga, donde se debe evitar la sobrecarga para no dañar el funcionamiento de la batería.

Existe un dispositivo electrónico de control que permite administrar los tiempos de carga, descarga, según lo necesite la batería, alargando su vida útil. También se encarga de aislar (desconectar) al banco de baterías cuando el sistema generador es

⁸² Elaboración propia con datos de referencia 36





incapaz de cargarlo o es excesiva la energía generada para la carga. Este dispositivo se conoce como *controlador o regulador de carga*.

Mediante circuitos electrónicos y de potencia, mide constantemente el voltaje de la batería para regular la carga, descarga y desconexión del banco de baterías, esto para mantenerla en estado de plena carga y evitar daños a la batería.

Existen dos clases de controladores de carga, los de paralelo o "shunt" y los de tipo serie.

El *regulador de carga en paralelo*, tiene este nombre porque el circuito de control se conecta en paralelo con el banco de baterías. Cuando el sistema de control detecta que el banco de baterías está a plena carga, se desvía la energía generada excedente hacia un circuito eléctrico de alta resistencia que convierte la energía en calor por efecto Joule.

El *regulador de carga en serie* tiene ese nombre porque se conecta en serie con respecto a las baterías. Con la ayuda de un sistema de control se detecta cuando el banco de baterías está a plena carga, interrumpiendo o reconectando el circuito, cuando se necesita recargar, usando relevadores mecánicos o de estado sólido.

3.5.2.1 Elección del regulador de carga

El regulador de carga se debe adaptar al valor de los parámetros eléctricos de la instalación: voltaje máximo de generación (V_{max}), corriente de generación máximo (I_{max}), potencia máxima de generación (P_{max}), capacidad del banco de baterías (C_B). Cada bicicleta tendrá instalado un generador modelo AFPMG260-0.2KW/200RPM con las especificaciones eléctricas mencionadas en la Tabla 4.

3.5.3 Banco de baterías (3ª Etapa)

Es necesario almacenar la energía eléctrica que se genera durante los periodos de uso de la bicicletas estáticas, para que esta energía este siempre disponible durante el proceso de purificación del agua aun cuando nadie esté haciendo ejercicio en las bicicletas. A estos almacenes de energía eléctrica se les llama acumuladores o baterías, por su configuración interna, y banco de baterías a un arreglo de baterías. Otra característica importante es que las baterías pueden proveer una magnitud de corriente mayor que el sistema generador por si solo, y una estabilidad en el voltaje independientemente del voltaje presente en el sistema generador.

Las siguientes características son condiciones básicas para que un acumulador sea apto para las condiciones de uso a las que estará expuesto:

- Aceptar todas las corrientes de carga que suministre el sistema generador.
- Mantenimiento nulo o mínimo.





- Fácil transporte e instalación.
- Baja autodescarga.
- Rendimiento elevado
- Larga vida útil

Es fundamental elegir el banco de baterías correcto y para eso se conocen 3 especificaciones eléctricas fundamentales: la capacidad de almacenamiento en amperes hora [Ah], la máxima corriente que puede entregar a la carga y la profundidad de descarga que soporta sin dañarse.

3.5.3.1 Capacidad de almacenamiento

Es la cantidad de electrones que puede almacenar la batería, expresada en unidades de amperes por hora [Ah], es decir, la cantidad de electrones que la batería es capaz de suministrar durante un cierto tiempo. En otras palabras, es la cantidad de horas que una batería puede estar suministrando la corriente especificada.

Si una batería tiene capacidad para almacenar 10 [Ah], esto significa que es capaz de suministrar 10 amperes durante 1 hora o 5 amperes durante 2 horas.

Y para saber la capacidad de almacenamiento de energía de una batería en [Wh] es necesario multiplicar los [Ah] por el voltaje nominal de la batería.

En la práctica, la capacidad de almacenamiento de energía y corriente es función de la velocidad con la que se descarga la batería. Si la batería se descarga lentamente, aumenta la capacidad real disponible de almacenamiento, pero si la batería se descarga rápidamente, ocurre lo contrario.

3.5.3.2 Máxima corriente que puede entregar a la carga

Es la máxima corriente, especificada por el fabricante, que puede fluir de la batería a la carga. Dependiendo el tipo de aplicación, existen baterías que aportan durante pequeños rangos de tiempo una mayor cantidad de corriente eléctrica, por ejemplo los acumuladores de automóvil aportan un pico de corriente al arrancar el motor del auto, pero estos mismos acumuladores se degradan fácilmente si la corriente que exige la carga es constante.

3.5.3.3 Profundidad de descarga

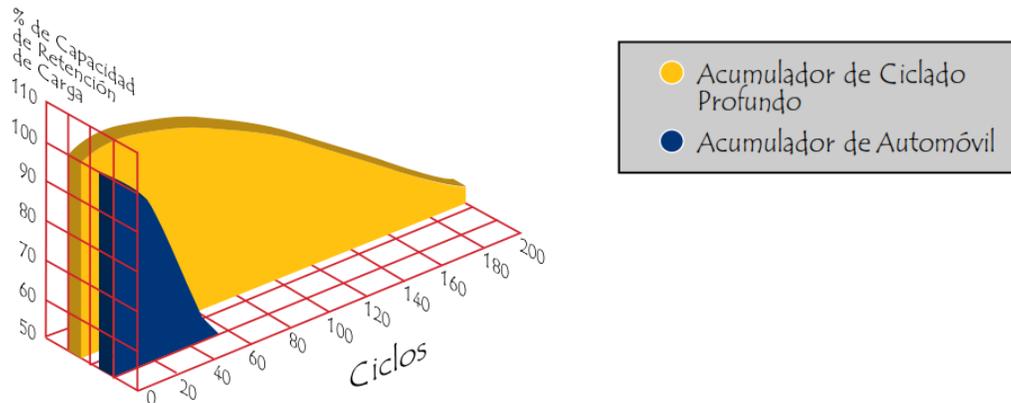
Es la cantidad de energía que es posible descargar sin dañar la batería. Es un valor dado en porcentaje respecto a la carga total de la batería. El porcentaje de energía que se extrae de una batería influye en su tiempo de vida útil y es por eso que existen baterías con distintos niveles de profundidad de descarga.

Baterías de ciclo poco profundo. - Son las que no se pueden descargar más del 25%.





Baterías de ciclo profundo.- Soportan descargas de hasta un 90% de su capacidad.



Gráfica 3. Comparativa de rendimiento entre acumuladores de ciclo profundo y ciclo no profundo.⁸³

Los acumuladores de ciclo profundo están diseñados para funcionar con las características de carga y descarga presentes en fuentes de energía intermitentes como la solar fotovoltaica, la eólica y en este trabajo de tesis, le energía intermitente de los usuarios que utilizan bicicletas fijas en gimnasios.

La Gráfica 3 muestra la ventaja que tienen el acumulador de ciclo profundo respecto a un acumulador de automóvil que no es de ciclo profundo; mayor cantidad de ciclos y retención de carga.

3.5.3.4 Arreglo de baterías

Existen tres configuraciones o arreglos para formar un banco de baterías:

- 1) *Conexión Serie*: se conecta el borne positivo de una batería con el borne negativo de la siguiente batería y así sucesivamente. Con esta configuración se suma el voltaje de cada batería del banco de baterías, mientras que la corriente y la capacidad se mantienen constantes.
- 2) *Conexión Paralelo*: se conectan los bornes de la misma polaridad entre baterías. El voltaje total del banco de baterías es constante; corriente y capacidad del banco de baterías son el resultado de la suma del valor individual de cada batería.
- 3) *Conexión Serie-Paralelo*: es la combinación de las dos anteriores. Permite el ajuste de voltaje, corriente y capacidad según los valores que se requieran.

⁸³ Solartec, Manual técnico LTH ciclado profundo, imagen ilustrativa, (México: Enertec, 2014), 2, consultada el 2/agosto/2014 en http://www.solartec.mx/doctos/productos/baterias/LTH%20manual_ciclado_profundo.pdf





En la siguiente figura se observan estas tres configuraciones.

Donde:

Vt: es el voltaje total.

It: es la corriente total.

Ct: es la corriente total.

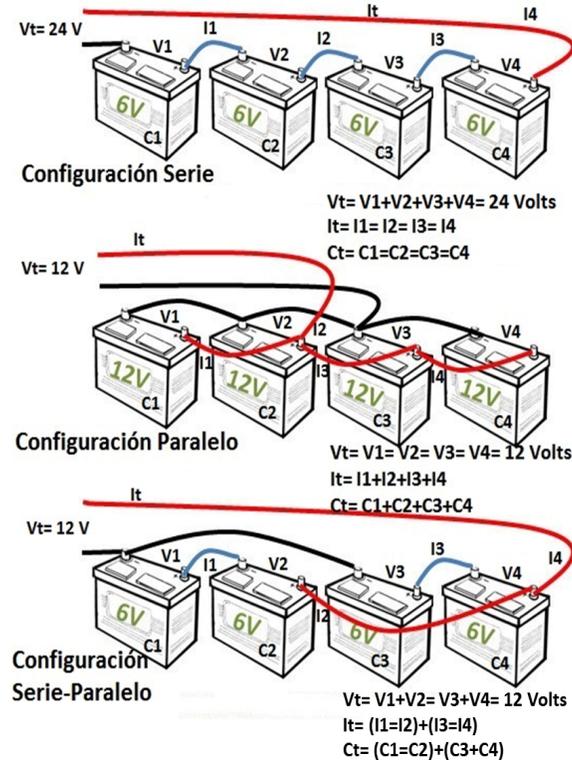


Imagen 37. Configuración de baterías. ⁸⁴

3.5.4 Tratamiento de la energía: Inversor (4ª Etapa)

La energía eléctrica generada y almacenada en el banco de baterías es de corriente continua y las cargas eléctricas de la planta potabilizadora necesitan energía eléctrica alterna.

El inversor es un sistema electrónico de potencia que convierte la corriente continua en corriente alterna permitiendo usar la energía eléctrica almacenada en el banco de baterías para hacer funcionar la planta potabilizadora de agua.

3.5.5 Parámetros característicos de un inversor

⁸⁴ Windy Nation, How to configure a battery bank, modificado de imagen ilustrativa, (EUA), consultada el 11/agosto/2014 en https://www.windynation.com/cm/battery_config_fig1wn.jpg





Tensión nominal de entrada y salida. Debe ser capaz el inversor de adaptarse a un rango de valores de tensión de entrada y de ofrecer un porcentaje mínimo de variación en la tensión a su salida.

Potencia de salida nominal. Es la potencia en régimen de funcionamiento continuo del circuito de salida del inversor. Debe ser capaz de soportar picos o sobrecargas durante cierto tiempo.

Eficiencia. Próxima al 85%. La máxima eficiencia del inversor se logra cuando se tienen conectadas las cargas eléctricas máximas de diseño del inversor.

Capacidad de sobrecarga y de protección térmica. Parámetro útil en instalaciones donde un motor o motores necesitan una potencia superior a la nominal durante el arranque.

Forma de onda en la tensión de salida del inversor. La forma de onda de salida que se aproxime más a la senoidal da como resultado un inversor más costoso pero que es capaz de alimentar cualquier tipo de carga en corriente alterna.

3.6 Sistema interconectado de generación eléctrica

El sistema interconectado se caracteriza por no almacenar la energía eléctrica generada, ya que se conecta el sistema generador eléctrico al sistema de distribución eléctrica de la compañía estatal suministradora de electricidad (CFE); también se caracteriza por la instalación de un medidor bidireccional.

En el presente trabajo de tesis se propone el uso del sistema interconectado por lo siguiente:

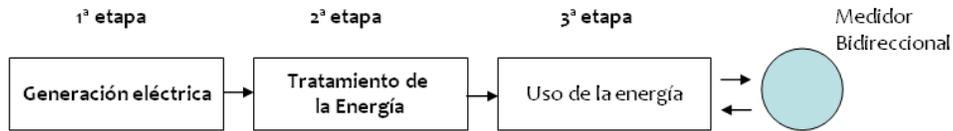
1. el gimnasio no se localizará en alguna zona donde no exista el sistema de distribución eléctrica.
2. al utilizar un sistema interconectado se evita el uso de un banco de baterías y del controlador de carga, como se muestra en el siguiente diagrama.





ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA CON BICICLETAS ESTÁTICAS

SISTEMA INTERCONECTADO



A continuación el mismo diagrama pero con correspondencia por etapas para la generación eléctrica con bicicletas y posterior purificación de agua:

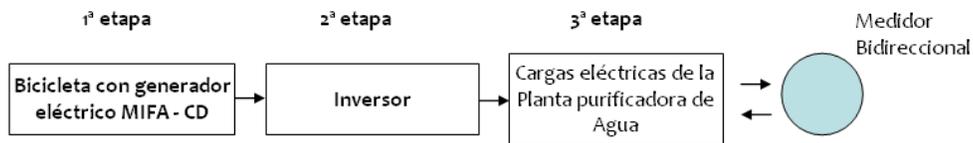


Imagen 38. Sistema de generación eléctrica interconectado a la red eléctrica de CFE.⁸⁵

3.6.1 Generación Eléctrica (1ª Etapa)

Se conserva la misma configuración que se usa para el sistema autónomo. Se propone esta configuración solo como ejemplo, ya que es necesaria una configuración que presente a su salida valores de voltaje y corriente que se adapten a las características de entrada de inversores de interconexión comerciales.

⁸⁵ Gilberto Enriquez Harper, Instalaciones y Sistemas Fotovoltaicos, (México: Limusa, 2014), 227 y 228





DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL GRUPO GENERADOR COMPUESTO POR 30 MIFA's EN CONFIGURACIÓN PARALELO-SERIE

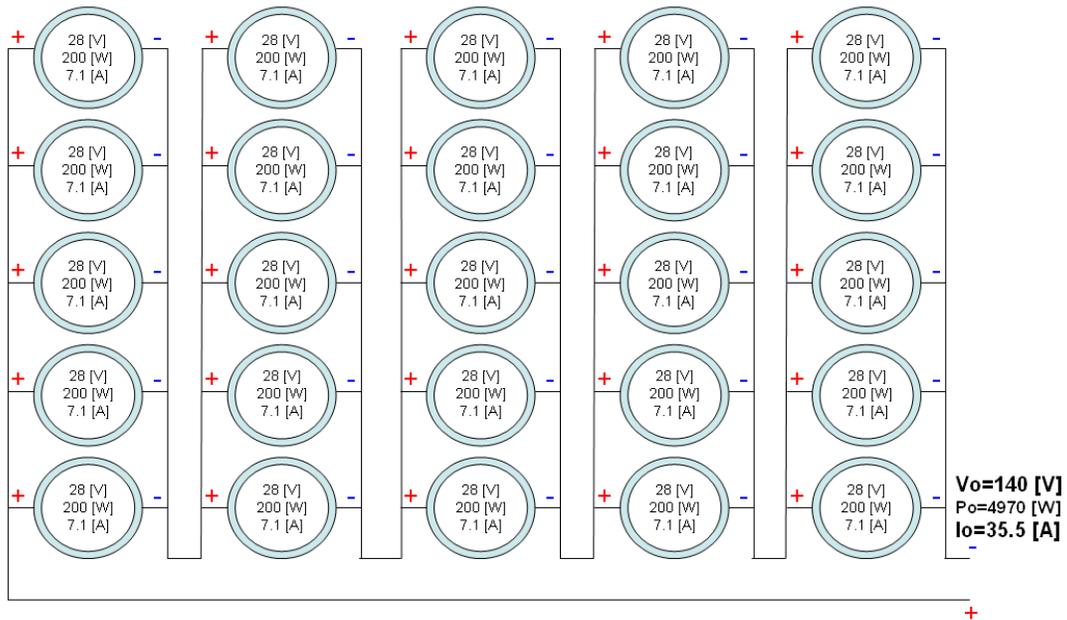


Imagen 39. Configuración propuesta del sistema generador eléctrico con MIFAs.⁸⁶

3.6.2 Inversor de interconexión (2ª Etapa)

Para dimensionar la potencia eléctrica necesaria del inversor de interconexión se considera la potencia eléctrica total que requiere la planta purificadora de agua y un porcentaje extra por la potencia de arranque que necesita el compresor y para dar un margen de seguridad.

$$\begin{aligned} \text{Potencia de salida del inversor} &= P_T + 50\% \\ \text{Potencia de salida del inversor} &= 4094 \text{ [W]} \times 1.5 = 6141 \text{ [W]} \end{aligned}$$

Por tanto se necesita un inversor para interconexión de mínimo 6 [kW]

La corriente máxima de entrada así como el voltaje de entrada mínimo o voltaje de entrada de arranque del inversor debe ser compatible con el voltaje y corriente de salida del arreglo elegido para el sistema de generación eléctrica.

Si el grupo de 30 MIFAs generan la energía que la planta purificadora necesita para funcionar diariamente, el cobro por concepto de energía eléctrica emitido por CFE solo incluiría el cargo fijo mensual de alrededor de \$55⁸⁷, en tarifa 2 para negocios.

⁸⁶ Elaboración propia con datos de referencia 36

⁸⁷ Comisión Federal de Electricidad, Tarifas generales de baja tensión, Tarifa 2, (México, CFE, 2015), consultada el 28/marzo/2015 en





La Imagen 40 es el diagrama unifilar del sistema interconectado a la red de CFE que se propone usar como sistema generador de energía eléctrica.

DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA INTERCONECTADO A LA RED DE CFE

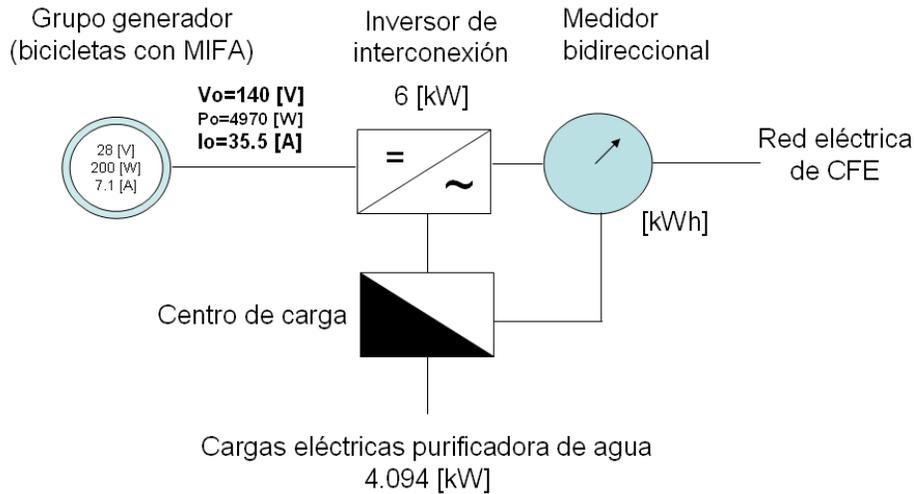


Imagen 40. Diagrama unifilar del sistema interconectado. ⁸⁸

La Imagen 40 incluye los componentes necesarios para aprovechar la energía mecánica de la bicicleta y transformarla a energía eléctrica. Los valores de salida del grupo generador, voltaje, potencia y corriente se obtienen considerando que las 30 MIFAs giran a 200 [rpm] y que están conectadas en configuración paralelo-serie.

El valor de potencia del inversor de interconexión corresponde a la potencia total de las cargas eléctricas si se encienden al mismo tiempo y considerando un 50% de factor de seguridad.

En el Anexo 1 se presentan las leyes y reglamentos de leyes que definen las condiciones de la interconexión eléctrica de fuentes renovables de energía al sistema eléctrico nacional.

http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp?Tarifa=CMABT&Anio=20

15

⁸⁸ Gilberto Enríquez Harper, Instalaciones y Sistemas Fotovoltaicos, (México: Limusa, datos propios, 2014), 228





Conclusiones.

El sistema de purificación propuesto es capaz de purificar el agua potable suministrada por la red municipal.

En esta etapa de inicio de planeación del proyecto se propone una planta para purificar máximo 200 garrafones diarios de 20 litros, principalmente para analizar el consumo energético y así evaluar escenarios respecto a clientes del gimnasio y cantidad de bicicletas estáticas necesarias.

Se propone un sistema de generación renovable interconectado a la red eléctrica federal, CFE, por presentar dos ventajas principales: ahorro en la inversión por concepto de dispositivo controlador de carga y banco de baterías, así como contar con el respaldo energético por parte de CFE.





Evaluación



de la viabilidad



económica





Capítulo 4. Evaluación de la viabilidad económica

Introducción

Según una nota publicada en el periódico “El Financiero”, el mercado de los gimnasios estuvo “dormido” durante muchos años en México debido a que las únicas cadenas de gimnasios existentes en el país estaban dirigidos únicamente al público con alto poder adquisitivo, lo que desilusionaba al consumidor con menor poder adquisitivo que pensaba que todos los gimnasios cobraban lo mismo. A partir de 2010 empezaron a llegar nuevos gimnasios nacionales y extranjeros, enfocados principalmente en el mercado de mediano y bajo poder adquisitivo.

Al último semestre del 2014 ya participaban 11 cadenas en el mercado mexicano del acondicionamiento físico valuado en más de mil 400 millones de dólares. El crecimiento del sector se aceleró por la problemática de obesidad existente en México.⁸⁹

En un reporte de la Beverage Marketing Corporation⁹⁰, se dice que México ocupa el primer lugar en consumo de agua embotellada per capita. Esto se deriva principalmente por dos razones: que después del terremoto ocurrido en la Ciudad de México en el año 1985, donde después de varios estudios se determinó que las tuberías de agua potable y de aguas negras tendrían fisuras por las que se contaminaba el agua potable. Por esos años también comenzó a surgir la industria del agua embotellada en México, impulsada por la desconfianza de la población en el agua entubada suministrada por el municipio.

En la Ciudad de México las familias pagan más al año por concepto de agua embotellada que por agua entubada suministrada por la red municipal.

En el Anexo 2, se presenta el catálogo general de precios de servicios y productos necesarios para el arranque y operación del gimnasio y la planta purificadora de agua.

4.1 Costos de inversión

La inversión total requerida esta formada por:

1. Inversión Fija
2. Inversión Diferida y
3. Capital de trabajo

⁸⁹ Claudia Alcántara, “El Financiero”, (México: en prensa , 09/09/2014), Sección Empresas

⁹⁰ Revista del consumidor, Reporte especial: Consumo de agua embotellada, (México: PROFECO, 2014)





Es un gimnasio especializado en acondicionamiento físico basado en el uso de bicicletas estáticas. Debe tener una capacidad adecuada para alojar a las bicicletas, a los usuarios y a la planta purificadora.

El local tendrá los siguientes espacios:

- Recepción - sala de espera
- Salón de ejercicios
- Sanitarios - vestidores
- Cuarto de limpieza
- Oficina
- Purificación y expendio de agua
- Cuarto Técnico

4.1.1 Inversión Fija

Es la inversión en activos fijos tangibles como el local, las bicicletas estáticas, la planta purificadora, el sistema de generación eléctrica y todo lo necesario para el inicio de operaciones.

En la Tabla 10 se indica la inversión fija necesaria:

INVERSIÓN FIJA			
CONCEPTO	CANTIDAD	MONTO UNITARIO \$ M/N	TOTAL \$ M/N
Renta del Local	1	60,000	60,000
Bicicletas Estáticas ¹	30	11,699	350,970
Accesorios de Gimnasio ²	1	22,367	22,367
Planta Purificadora de agua ³	1	50,000	50,000
Sistema Tratamiento Eléctrico ⁵	30	3,683	161,231
Acondicionamiento y Decoración ⁶	1	116,500	116,500
Cómputo ⁷	1	45,000	45,000
Subtotal			806,068
Imprevistos (+ 5%)			40,303
		INVERSIÓN FIJA TOTAL	846,371

Tabla 10. Inversión fija. ⁹¹

¹ Marca: Fitness Station

Precio al día: 12-enero-2015

² Aire acondicionado, mobiliario oficina, equipo para venta de accesorios deportivos, frigobar de bebidas

³ Planta para 200 garrafones

⁵ 30 Generadores eléctricos MIFA, 1 inversor, cable, accesorios e instalación, 1 medidor bidireccional

⁶ Albañilería, iluminación, espejos, duela, baños, artículos decorativos, equipo de audio y video, decoración, anuncios

⁹¹ Ver Tabla 28 en el Anexo 2





⁷ Computadoras, servidor, red e impresoras, página de Internet

4.1.2 Inversión Diferida

La inversión sobre activos intangibles se llama inversión diferida. Se componen de servicios o derechos necesarios para la puesta en marcha.

La Tabla 11 muestra los activos diferidos necesarios:

INVERSIÓN DIFERIDA	
CONCEPTO	MONTO \$ M/N
Constitución Legal de la Empresa	20,000
Licencia de uso Suelo	2,000
Aviso de funcionamiento	3,141
Permiso de Anuncio	14,804
Contrato de Energía Eléctrica	600
Contrato de Servicio de Agua	2,000
Contrato de Servicio telefónico	1,500
Certificado de Laboratorio	800
TOTAL	44,845

Tabla 11. Inversión Diferida.⁹²

4.1.3 Capital de Trabajo

Los recursos necesarios para la operación normal del proyecto o el financiamiento para obtener la primera producción antes de percibir ingresos son llamados capital de trabajo.

Los principales rubros del capital de trabajo son: materia prima, insumos y mano de obra.

MATERIA PRIMA	
CONCEPTO	MONTO MENSUAL \$ M/N
Oficina	500
Bebidas	5,000
Accesorios Deportivos	27,000
Baños y vestidores	1,500
Material de limpieza y mantenimiento	3,000
TOTAL	37,000

⁹² Ver Tabla 28 en el Anexo 2



Tabla 12. Materia Prima.⁹³

INSUMOS	
CONCEPTO	MONTO MENSUAL \$ M/N
Insumos y consumibles de planta purificadora	1,500
Agua para purificar	1,000
Agua	400
Luz	1,850
Teléfono	600
TOTAL	5,350

Tabla 13. Insumos.⁹⁴

MANO DE OBRA			
OCUPACION	NO. PUESTOS	SUELDO	MONTO MENSUAL \$ M/N
<i>Interno</i>			
Instructor	2	9,000	18,000
Intendente	1	4,000	4,000
Recepcionista	1	4,500	4,500
Vendedor	1	3,000	3,000
<i>Externo</i>			
Contador	1	4,500	4,500
TOTAL	6		34,000

Tabla 14. Mano de Obra.⁹⁵

CAPITAL DE TRABAJO	
CONCEPTO	MONTO MENSUAL \$ M/N
Materia Prima	37,000
Insumos	5,350
Mano de Obra	34,000
TOTAL	76,350

Tabla 15. Capital de Trabajo.⁹⁶

4.1.4 Inversión total

El monto de inversión total requerido para la instalación del gimnasio generador de energía renovable y la planta purificadora de agua.

⁹³ Ver Tabla 28 en el Anexo 2

⁹⁴ Ver Tabla 28 en el Anexo 2

⁹⁵ Ver Tabla 28 en el Anexo 2

⁹⁶ Ver Tabla 28 en el Anexo 2





INVERSIÓN TOTAL DEL PROYECTO	
CONCEPTO	MONTO \$ M/N
Inversión Fija	846,371
Inversión Diferida	44,845
Capital Trabajo	76,350
<i>Subtotal</i>	967,566
Imprevistos (+5%)	48,378
INVERSION TOTAL	1,015,945

Tabla 16. Inversión total del proyecto.⁹⁷

4.2 Calendario de actividades y flujo de efectivo

CALENDARIO DE ACTIVIDADES Y FLUJO DE EFECTIVO						
Proyecto Gimnasio-Generador de energía eléctrica para purificar y envasar agua						
#	ACTIVIDAD	MESES			MONTO X ACTIVIDAD \$ M/N	
		1	2	3		
1	Localizar Local y Rentarlo				60,000	
2	Constitución Legal de la empresa				20,000	
3	Aviso de funcionamiento				3,141	
4	Licencia de uso de suelo				2,000	
5	Permiso de anuncio				14,804	
6	Contrato de Energía Eléctrica				600	
7	Contrato de servicio de agua				2,000	
8	Acondicionamiento				116,500	
9	Contrato de servicio telefónico				1,500	
10	Adquisición e instalación de mobiliario				67,367	
11	Adquisición e instalación de las bicicletas				350,970	
12	Adquisición e instalación de la Planta Potabilizadora				50,000	
13	Certificado de Laboratorio				800	
14	Permiso de Salubridad				---	
15	Adquisición e instalación del sistema de generación eléctrico				161,231	
16	Adquisición de materia prima				40,850	
17	Contratación de Personal				34,000	
Flujo de Efectivo Mensual \$ M/N		102,545	536,337	286,881		
FLUJO DE EFECTIVO TOTAL \$ M/N					925,763	
IMPREVISTOS \$ M/N					90,191	
GRAN TOTAL DE INVERSIÓN \$ M/N					1,015,954	

Tabla 17. Calendario de actividades y flujo de efectivo.⁹⁸

4.3 Análisis de precios

La base para calcular los futuros ingresos del gimnasio y de la planta purificadora de agua son los precios del servicio del gimnasio y de los garrafones con agua purificada.

El precio es la cantidad monetaria a que los productores están dispuestos a vender y los consumidores a comprar un bien o servicio, cuando la oferta y la demanda se encuentran en equilibrio.⁹⁹

⁹⁷ Elaboración propia en base a Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13, Tabla 14 y Tabla 15

⁹⁸ Elaboración en base a Tabla 28 en el Anexo 2





Al momento de decidir los precios se deben perseguir los siguientes objetivos:

- Conseguir ganancia sobre la inversión y/o sobre las ventas netas.
- Ganar presencia y participación en el mercado.
- Evitar, soportar o seguir a la competencia.
- Obtener la mayor ganancia posible.

4.3.1 Métodos para el cálculo de precios

Método teórico – clásico; el método plantea teóricamente que el precio está determinado por el mercado, independientemente de la actuación de la empresa. Su cálculo se basa en la demanda existente. Es poco utilizado porque es difícil conocer con exactitud la demanda de un producto en un mercado “X”, además de que no sirve para fijar precios a una línea completa de artículos.

Métodos en función de los costos; se calcula el costo por ofrecer el servicio o el costo por producir una unidad de producto y se le agrega el margen de ganancia deseado. Es un método a evaluar ya que los costos más altos o bajos respecto a la media del sector desviarían el precio de la realidad del mercado y se tendría que ajustar el margen de ganancia.

Otro método en función de los costos es el que relaciona el precio de venta que cubre todos los costos y además incluye una rentabilidad necesaria

Método de precios basado en los competidores; este método usa como referencia para establecer un precio de venta el que ofrecen sus competidores, teniendo siempre como límite inferior de precio los costos reales de producción.

El precio se puede establecer por debajo, por encima o ser igual al de la competencia según se analice y se concluya conveniente.

El gimnasio y la planta purificadora se localizarán en la Ciudad de México, en la delegación Cuauhtémoc, específicamente en la colonia Condesa, por ser este un lugar con gran poder adquisitivo y gran asimilación de propuestas nuevas y sustentables de negocio.

En la delegación Cuauhtémoc existen alrededor de 90 gimnasios y 75 comercios de purificación de agua; en la colonia Condesa hay 12 gimnasios y tiene cerca a 7 plantas purificadoras de agua¹⁰⁰.

La cantidad de gimnasios y plantas purificadoras en la delegación Cuauhtémoc, cuya superficie territorial ocupa solo el 2.8%, se debe a que es una zona comercial

⁹⁹ Sapag Chain, Nassir y Sapag Chain, Reinaldo, Preparación y Evaluación de Proyectos, Mc Graw Hill, (Madrid: 1993) ,48.

¹⁰⁰ Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, (México: INEGI, 2015), consultada el 16/febrero/2015 en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/default.aspx>





céntrica por la que transitan diariamente alrededor de 2.5 millones de personas y la habitan alrededor de 531,831 personas.
Específicamente en la colonia Condesa habitan alrededor de 8453 personas.

Debido a la gran cantidad de competidores establecidos en la zona de la Condesa, se decide establecer el precio del servicio de gimnasio y el precio por garrafón de agua de 20 litros, utilizando el método de precios basado en la competencia.

Las siguientes tablas presentan a los competidores locales (Col. Condesa) y los competidores de gimnasios de cadena o de marcas reconocidas, así como sus precios en pesos de moneda nacional de México (\$ M/N):

LA COMPETENCIA: GIMNASIOS		
GIMNASIOS CONDESA	INSCRIPCIÓN \$ M/N	MENSUALIDAD \$ M/N
4UGym	-	850
Fitness Express	-	850
Life Fitness Gym	-	590
The Work Gym	-	700
<i>Cadena de Gimnasios</i>		
Sports World	-	2120
Sportium	8357	1250

Tabla 18. Gimnasios en competencia.¹⁰¹

LA COMPETENCIA: PURIFICADORAS DE AGUA		
PURIFICADORAS CONDESA	LLENADO GARRAFÓN 20 L \$ M/N	A DOMICILIO \$ M/N
Agua Ameyali	21	28
Aqua Deli	19	23
Acua Plus	23	24
Casa del Agua	110	-
<i>Marcas comerciales</i>		
Bonafont	30	34
Ciel	32	35
Epura	28	33

Tabla 19. Competencia de purificadoras.¹⁰²

¹⁰¹ Elaboración propia con información obtenida por teléfono el 4/marzo/2015. 4UGYM; tel: 5552712042 <http://www.4ugym.com.mx>, Fitness Express; tel: 55749482 <http://www.fitnessexpress.com.mx>, Life fitness Gym; tel: 5555743944, The Work Gym; tel: 5552113878, Sports World; tel: 56584777 <http://www.sportsworld.com.mx>, Sportium; tel: 10002502 <http://www.sportium.com.mx>





Como se observa en la tabla de precios mensuales por servicio de gimnasio, existe el siguiente rango de mensualidad: \$590 a \$2120. Esto quiere decir que la mensualidad no se debe alejar demasiado de este rango para poder competir con los precios existentes en el mercado, sobre todo en el arranque del negocio.

La tabla de comparación de los precios por garrafón tiene un rango amplio (\$19 a \$110) debido a un caso particular. Existe la planta purificadora de agua llamada Casa del Agua, que ofrece agua de lluvia purificada mediante un proceso sofisticado.

Para establecer el límite inferior de la mensualidad a cobrar en el gimnasio se necesitan tomar en cuenta los costos de operación y mantenimiento del gimnasio durante un mes, expuestos en la Tabla 20 y en la Tabla 21, para un Escenario 2, que considera iniciar la operación del gimnasio con 60 clientes para el 1er mes y 750 garrafones vendidos:

COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. 1ER EJERCICIO ANUAL	
No. Socios inscritos. Mes 12	135
GIMNASIO	COSTO MENSUAL \$ M/N
Honorarios de instructores (2)	18,000
Recepcionista	4,500
Contador	4,000
Aseo	3,000
Emprendedores (2)	8,000
Renta local	50,000
Energía Eléctrica	2,500
Teléfono e Internet	1,500
Agua	500
Gas	1,050
Artículos limpieza	400
Mantenimiento	2,000
Publicidad y promoción	750
TOTAL	96,200

Tabla 20. Costos de operación y mantenimiento del gimnasio durante el mes 12.¹⁰³

Dividir el total de costos de operación y mantenimiento del gimnasio entre el número de socios previstos al final del primer año de operaciones, multiplicado por un factor de utilidad, permite obtener el precio del servicio de gimnasio:

$$\text{Mensualidad} = (\text{costos operación}) \times (\text{factor de utilidad}) / (\text{no. Socios})$$

¹⁰² Elaboración propia con información obtenida por teléfono el 3/marzo/2015. Agua Ameyali; tel: 5552723427, Aqua Deli; tel: 5510541514, Acua Plus; tel: 5552713019, Casa del Agua; tel: 5562777009, Bonafont; tel: 52922600, Ciel; tel: 10800 2233672, Epura; tel: 01800 0037872

¹⁰³ Ver Tabla 24 y Tabla 28 en el Anexo 2





Se elige un factor de utilidad del 26% que incluye la utilidad operacional y la utilidad comercial por ser un gimnasio diferente al resto y por ocuparse de aprovechar la energía eléctrica generada.

$$\text{Mensualidad} = \frac{(\$96,200)(1.26)}{135} = \$897 \text{ M/N, mensuales por socio}$$

El Escenario 2 previsto nos dice que para el 1er Ejercicio de operaciones del gimnasio se tendrán 135 clientes lo que permitirá tener una utilidad mas competente con \$900 cobrados por concepto de mensualidad, la cual es la mensualidad propuesta final por las características de sustentabilidad de operación del gimnasio, por ser equilibrada respecto a los gimnasio competidores y que además permite obtener ganancias a partir del séptimo mes de operaciones. Estos balances se observan en la Tabla 24 sobre el resultado económico de la operación del sistema.

Para establecer el limite inferior del precio por garrafón lleno de agua purificada es necesario conocer los costos de operación y mantenimiento de la planta purificadora, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. 1ER EJERCICIO ANUAL	
<i>Garrafones vendidos. Mes 12</i>	3,000
PURIFICADORA	COSTO MENSUAL \$ M/N
Vendedor	3,000
Contador	500
Aseo	1,000
Emprendedores (2)	8,000
Renta local	10,000
Energía Eléctrica	183
Teléfono e Internet	500
Costo de pipa por mes (\$1000 c/u)	1,000
Análisis bacteriológico	800
Articulos limpieza	600
Consumibles: Tapas, sellos y otros	4,000
Mantenimiento	1,000
Publicidad y promoción	750
TOTAL	31,333

Tabla 21. Costos de operación y mantenimiento de la planta purificadora durante el mes 12.¹⁰⁴

Dividir el total de costos de operación y mantenimiento de la planta purificadora entre el número de garrafones vendidos iniciales previstos, multiplicado por un factor de utilidad, permite obtener el precio por cada garrafón producido:

$$\text{Precio por garrafón lleno} = (\text{costos operación}) \times (\text{factor utilidad}) / (\text{no. garrafones})$$

¹⁰⁴ Ver Tabla 24 y Tabla 28 en el Anexo 2





Se elige un factor de utilidad del 263% que incluye la utilidad operacional y la utilidad comercial por ser un gimnasio diferente al resto y ocuparse de aprovechar la energía eléctrica generada en el gimnasio. Además de que es un precio que compite directamente con las marcas comerciales.

$$\text{Precio por garrafón producido} = \frac{(\$31,333) \times (3.63)}{3000} = \$37.9 \text{ por garrafón llenado.}$$

El Escenario 2 previsto nos dice que para el 1er Ejercicio de operaciones de la planta purificadora se venderán 3000 garrafones mensuales lo que permite establecer el precio por garrafón lleno en \$38, el cual es el precio propuesto final por las características de sustentabilidad de operación de la planta purificadora de agua, por ser equilibrada respecto a los precios de los competidores y que además permite obtener utilidades a partir del 1er mes de operaciones. Estos balances se observan en la Tabla 24 sobre el resultado económico de la operación del sistema.

Concluyendo que la mensualidad por los servicios que ofrece el gimnasio se establece en \$900 pesos y el precio por garrafón de agua purificada con energía renovable se establece en \$38 pesos.

4.4 Resultado económico de la operación del sistema

En la siguiente tabla se establecen los ingresos y los egresos, resultado de la operación anual del gimnasio y la planta purificadora para el Escenario 1, con 30 socios o clientes durante mes de arranque y 250 garrafones llenados durante el 1er mes de operaciones.

Escenario 1. Se considera un número mínimo de 30 clientes al primer mes de inicio de operaciones del gimnasio y un promedio de 60 clientes por cada mes del año. Se considera la venta promedio de 1208 garrafones de agua purificada mensuales. Con incrementos anuales de alrededor del 50% de clientes del gimnasio y de un incremento de 100% de garrafones llenados al 2º año con respecto al primer año.





ESCENARIO 1. ESTIMACIÓN FINANCIERA DEL 1ER EJERCICIO														
#	CONCEPTO	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Totales anual
ESTADÍSTICAS														
Gimnasio														
1	Mensualidad	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	
2	No. Socios inscritos	30	35	40	50	45	60	65	75	75	80	90	80	60
3	Días trabajados por mes	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	348
4	[kWh/día] generados	2	3	3	4	3	5	5	6	6	6	7	6	
Purificadora														
5	Precio garrafón	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	
6	Garrafones vendidos por día	10	20	25	30	35	45	50	60	65	75	80	85	
7	Días trabajados por mes	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	300
8	Garrafones producidos por mes	250	500	625	750	875	1,125	1,250	1,500	1,625	1,875	2,000	2,125	1,208
9	Capacidad utilizada	5%	10%	13%	15%	18%	23%	25%	30%	33%	38%	40%	43%	
10	Pipas utilizadas por mes (10000 lts)	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	
INGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
		27,000	31,500	36,000	45,000	40,500	54,000	58,500	67,500	67,500	72,000	81,000	72,000	652,500
Purificadora														
		9,500	19,000	23,750	28,500	33,250	42,750	47,500	57,000	61,750	71,250	76,000	80,750	551,000
	Ingresos brutos	36,500	50,500	59,750	73,500	73,750	96,750	106,000	124,500	129,250	143,250	157,000	152,750	1,203,500
EGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
11	Honorarios de instructores (2)		18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	198,000
12	Recepcionista		4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	49,500
13	Contador		4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	44,000
14	Aseo	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	36,000
15	Emprendedores (2)	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	96,000
16	Renta local	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	600,000
17	Energía Eléctrica	2,470	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	29,970
18	Teléfono e Internet	1,000	1,000	1,100	1,200	1,200	1,300	1,300	1,400	1,500	1,500	1,500	1,500	15,500
19	Agua	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	6,000
20	Gas	800	800	850	850	900	900	950	950	1,000	1,000	1,050	1,050	11,100
21	Artículos limpieza	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	4,800
22	Mantenimiento		4,000		4,000		4,000		4,000		4,000		4,000	24,000
23	Publicidad y promoción	3,000				3,000				3,000				9,000
	Subtotal	69,170	98,700	92,850	96,950	96,000	97,100	93,150	97,250	96,400	97,400	93,450	97,450	1,123,870
Purificadora														
24	Vendedor		3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	33,000
25	Contador		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	5,500
26	Aseo		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	11,000
27	Emprendedores (2)	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	96,000
28	Renta local	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	120,000
29	Energía Eléctrica	-30	12	21	4	64	55	64	81	115	157	140	228	907
30	Teléfono e Internet	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	6,000
31	Costo de pipa por mes (\$1000 c/u)	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000	2,000	3,000	3,000	3,000	3,000	4,000	4,000	30,000
32	Análisis bacteriológico	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	9,600
33	Artículos limpieza	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	7,200
34	Consumibles: Tapas, sellos y otros	500	700	1,200	1,500	1,800	2,000	2,100	2,300	2,800	3,000	3,200	3,500	24,600
35	Mantenimiento		2,000		2,000		2,000		2,000		2,000		2,000	12,000
36	Publicidad y promoción	3,000				3,000				3,000				9,000
	Subtotal	24,370	28,112	27,621	29,904	31,264	30,455	29,564	31,781	33,315	32,557	31,740	34,126	364,807
	Total egresos \$ M/N	93,539	124,812	120,471	126,854	127,264	127,555	122,714	129,031	129,715	129,957	125,190	131,576	1,488,677
	Utilidad Bruta \$ M/N	-57,039	-74,312	-60,721	-53,354	-53,514	-30,805	-16,714	-4,531	-465	13,293	31,810	21,174	-285,177
	UTILIDAD \$ M/N	-57,039	-74,312	-60,721	-53,354	-53,514	-30,805	-16,714	-4,531	-465	9,305	22,267	14,822	-305,060

Tabla 22. 1er Ejercicio financiero basado en el Escenario 1.¹⁰⁵

¹⁰⁵ Elaboración propia con base en el Escenario 1, la Tabla 28 del Anexo 2,





En las Tabla 23 se resumen los resultados de 5 ejercicios financieros anuales contemplando los dos escenarios.

ESCENARIO 1. TABLA RESUMEN DE EJERCICIOS FINANCIEROS ANUALES					
CONCEPTO	1er ejercicio	2do ejercicio	3er ejercicio	4to ejercicio	5to ejercicio
Gimnasio					
no. Clientes promedio mensual	60	89	128	177	253
% crecimiento anual de clientes	---	46.90	44.13	38.44	42.59
Mensualidad	900	900	900	900	900
Electricidad anual	29,970	32,400	33,600	34,800	34,709
Ingresos \$M/N	652,500	958,500	1,381,500	1,912,500	2,727,000
Egresos \$M/N	1,123,870	1,221,600	1,499,600	1,727,000	2,006,909
Purificadora					
no. Garrafones promedio mensual	1,208	2,458	3,219	4,427	5,000
% crecimiento venta de garrafones	---	103	31	38	13
Precio Garrafón	38	38	38	38	38
Electricidad anual	907	8,406	3,347	4,286	1,530
Ingresos \$M/N	551,000	1,121,000	1,467,750	2,018,750	2,280,000
Egresos \$M/N	364,807	514,506	627,647	766,386	960,730
Utilidad \$M/N	-305,060	234,682	505,402	1,006,505	1,427,553
% crecimiento de la utilidad	---	177	115	99	42

Tabla 23. Resumen de Ejercicios financieros para el Escenario 1.¹⁰⁶

La disminución en el pago de la factura por concepto de energía eléctrica en la purificadora se debe a que el número de clientes del gimnasio es suficiente para generar parte de la energía eléctrica que necesita la planta purificadora.

Escenario 2. Es más optimista que el Escenario 1 porque considera iniciar el servicio de gimnasio con 60 clientes en el primer mes y con 100 clientes mensuales promedio durante el año; con 2052 garrafones vendidos mensualmente en promedio durante el primer año.

Agua inmaculada, Tabla comparativa de ingresos y egresos de una planta purificadora, (México), consultada el 2/mayo/2014 en <http://www.aguainmaculada.com>

Karla Ponce, Abre un gimnasio en circuito, Entrepreneur, (México: 2012), 56

¹⁰⁶ Elaboración propia con base en el Escenario 1 y la Tabla 22, Tabla 30, Tabla 31, Tabla 32 y Tabla 33





ESCENARIO 2. ESTIMACION FINANCIERA DEL 1ER EJERCICIO														
#	CONCEPTO	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Totales anual
ESTADÍSTICAS														
Gimnasio														
1	Mensualidad	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	
2	No. Socios inscritos	60	65	75	80	90	95	105	110	120	125	135	135	100
3	Días trabajados por mes	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	348
4	[kWh/día] generados	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	
Purificadora														
5	Precio garrafón	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	
6	Garrafones vendidos por día	30	50	60	70	70	75	80	90	110	115	115	120	
7	Garrafones producidos por mes	750	1,250	1,500	1,750	1,750	1,875	2,000	2,250	2,750	2,875	2,875	3,000	2,052
8	Capacidad utilizada	15%	25%	30%	35%	35%	38%	40%	45%	55%	58%	58%	60%	
9	Días trabajados por mes	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	300
10	Pipas utilizadas por mes (10000 lts)	2	3	4	4	4	4	4	5	6	6	6	6	
INGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
		54,000	58,500	67,500	72,000	81,000	85,500	94,500	99,000	108,000	112,500	121,500	121,500	1,075,500
Purificadora														
		28,500	47,500	57,000	66,500	66,500	71,250	76,000	85,500	104,500	109,250	109,250	114,000	935,750
	Ingresos brutos	82,500	106,000	124,500	138,500	147,500	156,750	170,500	184,500	212,500	221,750	230,750	235,500	2,011,250
EGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
11	Honorarios de instructores (2)		18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	198,000
12	Recepcionista		4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	49,500
13	Contador		4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	44,000
14	Aseo	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	36,000
15	Emprendedores (2)	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	96,000
16	Renta local	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	600,000
17	Energía Eléctrica	2,453	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	29,953
18	Teléfono e Internet	1,000	1,000	1,100	1,200	1,200	1,300	1,300	1,400	1,500	1,500	1,500	1,500	15,500
19	Agua	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	6,000
20	Gas	800	800	850	850	900	900	950	950	1,000	1,000	1,050	1,050	11,100
21	Artículos limpieza	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	4,800
22	Mantenimiento		4,000		4,000		4,000		4,000		4,000		4,000	24,000
23	Publicidad y promoción	3,000				3,000				3,000				9,000
	Subtotal	69,153	96,700	92,850	96,950	96,000	97,100	93,150	97,250	96,400	97,400	93,450	97,450	1,123,853
Purificadora														
24	Vendedor		3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	33,000
25	Contador		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	5,500
26	Aseo		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	11,000
27	Emprendedores (2)	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	96,000
28	Renta local	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	120,000
29	Energía Eléctrica	-47	64	81	123	72	81	64	106	192	200	149	183	1,266
30	Teléfono e Internet	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	6,000
31	Costo de pipa por mes (\$1000 c/u)	2,000	3,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	5,000	6,000	6,000	6,000	6,000	54,000
32	Análisis bacteriológico	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	9,600
33	Artículos limpieza	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	7,200
34	Consumibles: Tapas, sellos y otros	700	900	1,400	1,800	2,300	2,500	2,800	3,100	3,500	3,500	3,800	4,000	30,100
35	Mantenimiento		2,000		2,000		2,000		2,000		2,000		2,000	12,000
36	Publicidad y promoción	3,000				3,000				3,000				9,000
	Subtotal	25,553	30,364	29,881	32,323	33,772	32,981	31,064	34,606	37,092	36,100	34,349	36,583	394,666
	Total egresos \$ M/N	94,705	127,064	122,731	129,273	129,772	130,081	124,214	131,856	133,492	133,500	127,799	134,033	1,518,518
	Utilidad Bruta \$ M/N	-12,205	-21,064	1,769	9,227	17,728	28,669	46,286	52,644	79,009	88,250	102,951	101,467	492,732
	UTILIDAD \$ M/N	-12,205	-21,064	2,300	6,459	12,410	18,669	32,401	36,851	55,306	61,775	72,066	71,027	335,993

Tabla 24. 1er Ejercicio financiero basado en el Escenario 2.¹⁰⁷

¹⁰⁷ Elaboración propia con base en el Escenario 2, la Tabla 28 del Anexo 2,





ESCENARIO 2. TABLA RESUMEN DE EJERCICIOS FINANCIEROS ANUALES					
CONCEPTO	1er Ejercicio	2do Ejercicio	3er Ejercicio	4to Ejercicio	5to Ejercicio
Gimnasio					
no. Clientes promedio mensual	100	138	195	241	318
% crecimiento anual de clientes	---	38.91	40.66	23.98	31.95
Mensualidad	900	900	900	900	900
Electricidad anual	29,953	32,400	33,600	34,787	32,274
Ingresos \$M/N	1,075,500	1,494,000	2,101,500	2,605,500	3,438,000
Egresos \$M/N	1,123,853	1,220,400	1,499,600	1,726,987	2,004,474
Purificadora					
no. Garrafrones promedio mensual	2,052	3,792	4,729	4,990	5,000
% crecimiento venta de garrafrones	---	85	25	6	0
Precio Garrafón	38	38	38	38	38
Electricidad anual	1,266	4,584	4,200	2,187	-2,514
Ingresos \$M/N	935,750	1,729,000	2,156,500	2,275,250	2,280,000
Egresos \$M/N	394,666	580,184	699,700	799,687	971,086
Utilidad \$M/N	335,993	995,691	1,441,090	1,647,853	1,919,708
% crecimiento de la utilidad	---	196	45	14	16

Tabla 25. Resumen de Ejercicios financieros para el Escenario 2.¹⁰⁸

Se observa el crecimiento de alrededor de 40% en los clientes del gimnasio en el 3er y 4º ejercicio, para pasar después a crecimientos del 25% durante el 4º y 5º año. La venta de garrafrones crece un 85% durante el 2º año de operaciones. En los años posteriores el crecimiento es menor hasta que en el 5º año no existe crecimiento porque desde el 4º año se producen 200 garrafrones diarios, que es la máxima producción de la planta purificadora.

El pago anual por concepto de energía eléctrica en la planta purificadora disminuye a partir del 2º año porque la cantidad de usuarios del gimnasio es suficiente para suministrar parte de la energía eléctrica necesaria para el proceso de purificación del agua y para el 5º año la purificación se realiza en su totalidad con energía renovable proveniente del gimnasio.

Es importante señalar que:

No se consideran posibles promociones.

No reconsideran descuentos en pagos bimestrales, semestrales y anuales por el uso del gimnasio.

No se consideran devoluciones.

Agua inmaculada, Tabla comparativa de ingresos y egresos de una planta purificadora, (México), consultada el 2/mayo/2014 en <http://www.aguainmaculada.com>

Karla Ponce, Abre un gimnasio en circuito, Entrepreneur, (México: 2012), 56

¹⁰⁸ Elaboración propia con base en el Escenario 2 y la Tabla 24, Tabla 34, Tabla 35, Tabla 36 y Tabla 37





4.5 Indicadores de rentabilidad económicos

Los indicadores de rentabilidad son parte del proceso de evaluación de proyectos. Estos indicadores permiten evaluar si un proyecto generará riqueza en cierto tiempo establecido.

Existen múltiples indicadores que nos dan información sobre la rentabilidad del proyecto. En este trabajo de tesis se utilizan cuatro indicadores:

- Valor Presente Neto
- Tasa interna de Retorno

4.5.1 Valor Presente Neto (VPN)

El VPN también conocido como valor actual neto, es un método de evaluación de proyectos que busca averiguar si el dinero invertido en algún proyecto creará valor, esto es, que si por el dinero invertido se obtendrán ganancias aceptables o por lo contrario, habrá pérdidas.

El VPN considera el concepto financiero del valor del dinero en el tiempo, el cual dice que cantidades iguales de dinero no tienen el mismo valor si se encuentran en puntos diferentes del tiempo y la tasa de interés es mayor a cero. Esto es que, si dentro de 5 años se obtienen \$1000, estos \$1000 pesos tendrán menor poder adquisitivo que si se obtuvieran el día de hoy. Lo anterior es posible por la relación que existe entre el tiempo y una tasa de interés llamada también costo de oportunidad. Esta tasa se establece según la conveniencia de los inversionistas y según lo indique el mercado. Para este trabajo de tesis se toma la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE), tasa representativa de las operaciones de crédito entre bancos, que sirve de referencia para establecer las tasas de rendimiento en instrumentos de Inversión ofrecidos por los bancos. También se toma como referencia a la inflación, por ser el aumento generalizado y continuo en los precios de bienes y servicios.

El método del VPN para evaluación de proyectos consiste en determinar los flujos de efectivo anuales netos que se espera genere el proyecto, para conocer su VPN y comparar el resultado con la inversión inicial total del proyecto.

Esta comparación permite conocer anticipadamente la ganancia o pérdida de dinero de llevarse a cabo el proyecto.

El método para obtener el VPN consiste en lo siguiente:

1. Proyectar sobre una línea de tiempo los flujos de efectivo netos que genera el proyecto durante un tiempo establecido.
2. Calcular el valor presente (VP) de cada uno de los flujos de efectivo, utilizando una tasa de descuento apropiada para el proyecto.





Se usa la siguiente fórmula matemática para calcular el VP:

$$VP = VF \frac{1}{(1+r)^n}$$

Donde:

VP: Valor Presente

VF: valor Futuro

r: tasa de interés

n: periodo

3. Se suman el valor presente de cada uno de los flujos de efectivo.
4. Calcular el VPN restando el total de la suma del valor presente de todos los flujos de efectivo al valor de la inversión inicial total del proyecto.

La siguiente expresión matemática sirve para calcular el VPN:

$$VPN = -I + \sum_{t=1}^n VP \frac{1}{(1+r)^t}$$

Donde:

VPN: valor presente neto

VP: valor presente

I: inversión inicial total

n: periodo límite

t: número de periodo

r: tasa de interés

El criterio para evaluar si un proyecto es rentable en base al cálculo del VPN es:

- Si el VPN es < 0 , no es rentable el proyecto y se rechaza.
- Si el VPN es $= 0$, el proyecto es indiferente.
- Si el VAN es > 0 , se acepta el proyecto.

4.5.1.1 VPN para el Escenario 1

La siguiente tabla muestra el VP de cada flujo de efectivo anual, a una tasa de interés $r = 15\%$ anual, 3.78 veces mas grande que la TIIE anual¹⁰⁹.

¹⁰⁹ Consultado el 19/febrero/2015 www.banxico.org.mx





VPN ESCENARIO 1		
Ejercicio	Flujo de efectivo \$M/N	Valor Presente \$M/N
1	-305,060	-265,270
2	234,682	177,453
3	505,402	332,310
4	1,006,505	575,472
5	1,427,553	709,746
TOTAL		1,529,712

Tabla 26. Valor Presente Neto del Escenario 1. ¹¹⁰

Inversión inicial I= \$1,015,945
 Periodo límite n=5 años

$$VPN = -\$1,015,945 + (-\$265,270 + \$177,453 + \$332,310 + \$575,472 + \$709,746)$$

$$VPN = -\$1,015,945 + \$1,529,712$$

$$VPN = \$513,767$$

Debido a que el VPN es > 0, el proyecto se considera rentable.

4.5.1.2 VPN para el escenario 2

La siguiente tabla muestra el VP de cada cada flujo de efectivo anual, a una tasa de interés r= 15%, 3.78 veces mas grande que la TIIE anual ¹¹¹.

VPN ESCENARIO 2		
Ejercicio	Flujo de efectivo \$M/N	Valor Presente \$M/N
1	335,993	292,168
2	995,691	752,885
3	1,441,090	947,540
4	1,647,853	942,165
5	1,919,708	954,434
TOTAL		3,889,193

Tabla 27. Valor Presente Neto del Escenario 2. ¹¹²

¹¹⁰ Elaboración propia utilizando los valores del VPN obtenidos en el Anexo 4 para los 5 ejercicios del Escenario 1

¹¹¹ Consultado el 19/febrero/2015 www.banxico.org.mx





Inversión inicial $I = \$1,015,945$
Periodo límite $n = 5$ años

$$VPN = -\$1,015,945 + (\$292,168 + \$752,885 + \$947,540 + \$942,165 + \$954,434)$$

$$VPN = -\$1,015,945 + \$3,889,193$$

$$VPN = \$2,873,248$$

Debido a que el VPN es > 0 , el proyecto se considera rentable.

Los dos escenarios muestran rentabilidad económica, por lo que disminuyen las dudas respecto a rentabilidad económica del proyecto.

4.5.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno o tasa interna de rendimiento, busca conocer la tasa de rendimiento generada si se reinvierten totalmente los flujos de efectivo netos al proyecto.

Esta tasa se obtiene si se iguala el $VPN=0$ y teniendo como incógnita a la tasa de interés.

Los cálculos se realizan con prueba y error hasta que la tasa elegida hace que el $VPN=0$.

$$VPN = 0 = -I + \sum_{t=1}^n VP \frac{1}{(1+K)^t}$$

Donde la tasa de interés K se elige al azar y se prueban valores que hagan a $VPN=0$
La evaluación de Proyectos utilizando la TIR, se lleva a cabo usando como referencia a la tasa de interés r usada en el VPN según el siguiente criterio:

- Si la $TIR < r$, se rechaza el proyecto, porque genera menos beneficios que el interés pagado por la banca, por lo que sería más atractivo elegir un instrumento de inversión bancario u otra alternativa de inversión rentable.
- Si la $TIR = r$, el proyecto es indiferente y se tiende al rechazo, porque los beneficios del proyecto solo pagarán los costos.
- Si la $TIR > r$, el proyecto es rentable financieramente, porque la tasa de interés es mayor a la que pagan los bancos y por tanto hay un beneficio real.

4.5.2.1 TIR para el Escenario 1

¹¹² Elaboración propia utilizando los valores del VPN obtenidos en el Anexo 4 para los 5 ejercicios del Escenario 2





$$VPN=0 = -\$1,015,945 \left[\left(-\$305,060 \frac{1}{(1+K)^1} \right) + \left(\$234,682 \frac{1}{(1+K)^2} \right) + \left(\$505,402 \frac{1}{(1+K)^3} \right) + \left(\$1,006,505 \frac{1}{(1+K)^4} \right) + \left(\$1,427,553 \frac{1}{(1+K)^5} \right) \right]$$

Donde K es la incognita y en base a prueba y error se obtiene que la tasa K que hace VPN=0 es:

$$TIR=K=25.8\%$$

Conociendo que $r=15\%$ entonces

$$TIR=25.8\% > r=15\%$$

Se concluye que el Escenario 1 es rentable porque genera una tasa de interés superior al 15% de referencia.

4.5.2.2 TIR para el Escenario 2

$$VPN=0 = -\$1,015,945 \left[\left(\$335,993 \frac{1}{(1+K)^1} \right) + \left(\$995,691 \frac{1}{(1+K)^2} \right) + \left(\$1,441,090 \frac{1}{(1+K)^3} \right) + \left(\$1,647,853 \frac{1}{(1+K)^4} \right) + \left(\$1,919,708 \frac{1}{(1+K)^5} \right) \right]$$

Donde K es la incognita y en base a prueba y error se obtiene que la tasa K que hace VPN=0 es:

$$TIR=K=79\%$$

Conociendo que $r=15\%$ entonces

$$TIR=79\% > r=15\%$$

Se concluye que el Escenario 2 es rentable porque genera una tasa de interés superior a la que ofrecen los instrumentos de inversión, en este caso la TIIIE de referencia.

4.6 Fuentes de Financiamiento

Para obtener la inversión inicial del proyecto es necesario contar con ahorros propios o apoyarse con inversionistas.

A continuación se mencionan diversas Fuentes de Financiamiento que se adaptan a distintos tipos de proyectos.

I. Fondo Pyme

Promueve el desarrollo económico del país a través de apoyos temporales a programas y proyectos enfocados en las Pymes.

www.fondopyme.gob.mx





II. Microcrédito

Se coordina con la banca de desarrollo y la comercial para otorgar créditos a proyectos de microempresas.

Programa Nacional de Financiamiento al Microempresario (Pronafim), www.pronafim.gob.mx

III. Arrendamiento

Hay dos opciones, arrendamiento puro y arrendamiento financiero, el primero permite el uso temporal de un bien a cambio del pago de una renta. El segundo permite utilizar un activo por un plazo determinado pero incluye la opción de compra al finalizar el contrato.

AMSOFAC, www.amsofac.org.mx

IV. Inversionistas Ángeles

Apoyan iniciativas de negocios de alto nivel de riesgo y en etapas primarias de arranque. Otorgan el capital a cambio de acciones de la empresa.

Nacional Financiera

www.trabajo.com.mx/creditos_nafinsa.htm

V. Programa Nacional de Franquicias (PNF)

Cuenta con seis modalidades de crédito: transferencia de modelo, desarrollo de franquicias al exterior, financiamiento para equipamiento y capital y apoyo para comercialización. Dirigido a emprendedores interesados en adquirir una franquicia o empresarios que deseen convertir su empresa en franquicia.

www.franquicia.org.mx

VI. Capital Semilla

Ideal para negocios que empiezan y que son sujetos a un crédito bancario. Para acceder a el necesitas entrar a una incubadora de negocios. Los plazos para pagar son variables.

www.capitalsemilla.org.mx

VII. Sociedades Financieras de Objeto Múltiple (Sofomes)

Ofrecen créditos para capital de trabajo, prestan servicios de arrendamiento financiero y factoraje. Además ofrecen asesoría especializada y personalizada.

El monto de capital y las tasas dependerán de cada caso.

www.banxico.org.mx

VIII. Bancos

Estas instituciones otorgan créditos. Los requisitos básicos son: estar inscrito en hacienda, tener como mínimo dos años de operaciones, un buen historial crediticio. Algunos bancos otorgan créditos para nuevos negocios.

IX. Factoraje

Es un financiamiento a corto plazo que puedes venderle a terceros (empresas de factoraje o banco) tus cuentas por cobrar, entre un 70% y 85% de su valor.





X. Fondos Privados

Es dinero inteligente que aporta beneficios adicionales como contactos de negocios, mejores prácticas y transparencia. Participan en empresas de forma temporal (de cuatro a siete años) y buscan un retorno de su inversión del 25% al 35% anual.

AngelesInversionistas.com.mx y otras empresas de fondos de capital o privados.

XI. Clubes de inversionistas

Están integrados por empresarios dispuestos a invertir en negocios nuevos, a cambio de una parte de las acciones de la empresa. Su monto máximo a otorgar es \$13 millones hasta ahora, pero podría no tener límites.

XII. Fondo ConacytNafin

Esta enfocado a empresas de base científica o tecnológica que ofrezcan productos y servicios innovadores. Para acceder a el es necesario que la empresa este constituida en operaciones y que cuente con un primer contrato.

www.conacyt.mx

www.nafin.com

XIII. Sociedades Financieras de Objeto Limitado (Sofoles)

Es un intermediario financiero no bancario, que obtiene recursos de otras instituciones financieras o del gobierno. Ofrecen préstamos a tasas muy bajas y plazos cómodos. Para acceder a el es necesario un buen historial crediticio y un proyecto bien estructurado.

www.banxico.org.mx





Conclusiones.

El proyecto de un gimnasio generador de energía eléctrica utilizando 30 bicicletas fijas, con la cual se purificarán máximo 200 garrafones con capacidad de 20 litros de agua potable, que se propone en este trabajo de tesis requiere una inversión inicial de \$977,357.

Se propone establecer los precios en \$900 M/N de mensualidad para el servicio de gimnasio y de \$38 M/N por garrafón lleno de agua purificada de 20 litros.

Los indicadores de rentabilidad indican, para los dos escenarios, que el proyecto es rentable.





Conclusiones

¿Es viable, y aceptable generar electricidad con 30 bicicletas fijas de un gimnasio para utilizar esta energía en una planta purificadora de agua para 200 garrafones diarios?

Es viable técnicamente porque:

- Se dispone comercialmente de los componentes necesarios para generar la electricidad suficiente que cubrirá los requerimientos energéticos, parciales o totales de la planta purificadora para 200 garrafones de agua.
- La MIFA se adapta a las condiciones y hábitos de uso, espacio y mantenimiento que impone el acoplamiento mecánico entre la MIFA y la bicicleta fija.

Es viable económicamente porque:

- Los dos escenarios propuestos reportan utilidades favorables en por lo menos cuatro de los cinco ejercicios financieros anuales.
- Los indicadores económicos son favorables a la inversión en los dos escenarios propuestos.

Se concluye que los hábitos de uso de los gimnasios equipados exclusivamente con 30 bicicletas fijas permiten generar la energía eléctrica necesaria para purificar y embotellar 200 garrafones de agua.

Se concluye que es aceptable aprovechar la energía eléctrica generada con las bicicletas fijas de un gimnasio para purificar y embotellar agua sobre todo si el concepto comercial del gimnasio y la planta purificadora se desarrolla en el ámbito sustentable y de proyectos amigables con el medio ambiente.





Recomendaciones

Hacer un comparativo económico y operativo entre el uso del sistema de generación autónomo y el sistema de generación interconectado a CFE.

Hacer pruebas con un modelo real de bicicleta fija y MIFA acoplado.

Hacer análisis de factibilidad, donde se incluya estudio de mercado, estudio operativo, impacto social, económico y ambiental.

El estudio de mercado debe tener un enfoque referido a la sustentabilidad y empresa amigable con el medio ambiente.

Estudio de sustentabilidad.

Estudiar la posibilidad de crear el concepto de gimnasio sustentable:

- arquitectura bioclimática,
- otras tecnologías de generación eléctrica (fotovoltaica y eólica)
- aprovechamiento y conversión de energías residuales (fotovoltaica, térmica, piezoeléctrica),
- inclusión de un ciclo integral de uso de la energía y el agua





Bibliografía

A. Osorio. Generador eléctrico accionado por fuerza humana: una nueva alternativa de generación de energía. Artículo académico. México: UJAT, 2007
Alain Claude Ferrand, Marco Nardi, Vicente Gambau i Pinasa. Marketing en el Fitness. España: Paidotribo, 2012

Asko Parviainen. Design of Axial-Flux Permanent-Magnet Low-Speed Machines and Performance Comparison Between Radial-Flux and Axial-Flux Machines. Tesis nivel Doctorado. Finlandia: Lappeenranta University of Technology , 2005

Alternative Energy. Human Powered Workout Gym Concept. 2009 en <http://www.alternative-energy-news.info/human-powered-workout-gym-concept>

Barbara E. Ainsworth, William L. Haskell, Melicia C. Whitt, Melinda I. Irwin, Ann M. Swartz, Scott J. Strath, William L. O'Brien, David R. Bassett, Jr., Kathryn H. Schmitz, Patricia O. Emplaincourt, David R. Jacobs, Jr., y Arthur S. Leon. Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities. *EUA: Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol 32, No. 9, 2000

Bob Parks. Pedal-Powered Electricity Generatos: High-Voltage Workouts. *PA EUA: Bicycling* 2009

Bowes, P. A gym powered by sweat and tears. Reino Unido: BBC news, 2009 en <http://news.bbc.co.uk/1/hi/technology/7796215.stm>

BP p.l.c, Statistical review of world energy full report, Estadísticas mundiales sobre energía. United Kingdom: BRITISH PETROLEUM 2012 en www.bp.com

Claudia Alcántara. *El Financiero*. México: en prensa , 09/09/2014, Sección Empresas

Comisión Federal de Electricidad. Tarifas generales de baja tensión, Tarifa 2. México, CFE, 2015 en http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp?Tarifa=CMABT&Anio=2015

Darren E.R. Warbuton, Crystal Whitney Nicol, Shannon S.D. Bredin. Prescribing exercise as preventive therapy. Canadá: CMA media Inc., 2006

Enrique Piñuela Rangel. Estudio sobre la generación de electricidad por medio del ejercicio cardiovascular de las personas en bicicletas fijas, elípticas y remadoras en un gimnasio y la viabilidad económica del proyecto. Tesis grado ingeniería. México: Facultad de Ingeniería, UNAM, 2010

Gilberto Enríquez Harper. Instalaciones y Sistemas Fotovoltaicos. México: Limusa, 2014





Gonzáles Velasco Jaime. Energías Renovables. España: Reverté, 2009

Human Dynamo, Technical info, página publicitaria. EUA en http://www.humandynamo.com/technical_info.html

J. S. Falcón López, P. Guevara López. Generación de Energía Eléctrica Aprovechando el Esfuerzo Físico. Artículo académico. México: IPN, 2010

Juan Carlos Cortés Gonzáles, Luis Fernando Escobar Flores, Sergio Adrian Gutiérrez Ramírez, Marco Antonio Lechuga Gómez, David Velázquez Aguilar. Implementación de una planta purificadora, envasadora y distribuidora de agua potable. Tesis grado ingeniería. México: IPN, 2009

Julián Soto F. La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias. Ingeniería Investigación y Tecnología. México: IPN, 2009

Karla Ponce. Abre un gimnasio en circuito. México: Entrepreneur, 2012

Leander W. Matsch. Máquinas Electromagnéticas y Electromecánicas. México: Alfaomega, 1990

Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. Diario Oficial de la Federación. México: 28/noviembre/2008

Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, Diario Oficial de la Federación. México: 2012

Lucila C. Méndez Chávez. Filtración: consideraciones básicas. México: Facultad de Química, Unam en <http://depa.fquim.unam.mx/filtracion/definicion.html>

María Teresa Leal Ascencio. Tecnologías Convencionales de Tratamiento de Agua y sus Limitaciones. Proyecto Solar Safe Water. En el marco de la Cooperación Internacional de la Unión Europea (FP6-510603). España: 2005

Melchor Mauri. El ciclismo indoor, Sport Training Magazine no. 16. España: 2008

Milton Jiménez Ángeles. Desarrollo de ejercitador físico multifuncional y ergonómico utilizable como fuente de energía renovable. Tesis grado maestría. México: IPN, 2007

Miguel Ángel Sánchez Maza. Energía Solar Fotovoltaica. España: Limusa, 2012

Mónica Gómez Alamilla. Proyecto de Inversión para la Instalación de un Gimnasio en el Municipio de Tultitlán, Estado de México. Tesis de Licenciatura en Economía. México: UNAM, 2001





Nora Castaños Rocha artículo. Abre tu gimnasio. México: Entrepreneur, 2008

Norma Oficial Mexicana. NOM-041-SSA1-1993. Bienes y servicios. Agua purificada envasada.

Norma Oficial Mexicana. NOM-120-SSA1-1994. Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas.

Norma Oficial Mexicana. NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Norma Oficial Mexicana. NOM-160-SSA1-1995. Bienes y servicios. Buenas prácticas para la producción y venta de agua purificada.

Norma Oficial Mexicana. NOM-179-SSA1-1998. Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público.

Norma Oficial Mexicana. NOM-180-SSA1-1998. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Equipos de tratamiento de tipo doméstico. Requisitos sanitarios.

Norma Oficial Mexicana. NOM-181-SSA1-1998. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Requisitos sanitarios que deben cumplir las sustancias germicidas para tratamiento de agua, de tipo doméstico.

Norma Oficial Mexicana. NOM-201-SSA1-2002. Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano.

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Renewables Global Status Report. Estadísticas mundiales sobre energías renovables. Francia: REN21, 2012 en www.ren21.net

Robert P. Patterson y María I. Moreno. Bicycle pedalling forces as a function of pedaling rate and power output. EUA: Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 22, No. 4, 1990

Samuel Immanuel Brugger Jakob, Ma. Elena Nancy Dávila Moreno, Manuel Francisco Llamas Galván. Problemática institucional de las energías renovables en México. México: UNAM, 2011

Sanjay Samuel David. Harvesting Electrical Energy from a Stationary Bike: An Experimental Approach. Tesis grado maestría en ingeniería. Nueva Zelanda: 2014
Sears, Zemansky, Young, Freedman. Física Universitaria. Volumen 1. México: Pearson Educación, 2004

Sapag Chain, Nassir y Sapag Chain, Reinaldo. Preparación y Evaluación de Proyectos, Madrid: Mc Graw Hill 1993





Secretaría de Salud, Xochimilco, Milpa Alta y Tláhuac con mayor riesgo por contaminación del agua, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Ciudad de México: 2009 en www.cofepris.gob.mx

Secretaría de Energía (SENER), Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México, documento informativo. México: SENER, GTZ, BMZ, 2009 en www.sener.gob.mx/res/0/ER_para_Desarrollo_Sustentable_Mx_2009.pdf

Secretaría de Energía, Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables.

Stephanie Dávalos Segura, Daniel Fernández Canalizo, Humberto García Jiménez. Diseño de un sistema generador de energía eléctrica mediante pedaleo. Tesis grado ingeniería. México: Facultad de Ingeniería, UNAM, 2010.

Solartec. Manual técnico LTH ciclado profundo. México: Enertec, 2014 en http://www.solartec.mx/doctos/productos/baterias/LTH%20manual_ciclado_profundo.pdf

Seoyoung Tech. AFPM (Axial Flux Permanent Magnet Generator). Korea: 2005 en <http://www.evsmotor.co.kr/eng/product/axial-flux.php>

www.banxico.org.mx

<http://www.egreenrevolution.com>

<http://www.humandynamo.com>

<http://www.rerev.com>





Índice de Tablas

- Tabla 1.* Clasificación de las energías renovables **13**
- Tabla 2.* Ventajas y desventajas de los sistemas de tratamiento de agua **33**
- Tabla 3.* Comparación entre 4 tipos de tecnologías de generadores eléctricos **44**
- Tabla 4.* Características eléctricas de la MIFA **46**
- Tabla 5.* Tabla para determinar la energía que el cuerpo utiliza al pedalear una bicicleta fija **47**
- Tabla 6.* Valores en [Wh] de la energía invertida por una persona de 70 [kg] al usar la bicicleta estática durante ciertos intervalos de tiempo **48**
- Tabla 7.* Energía generada durante la mejor semana y durante la peor semana **56**
- Tabla 8.* Concentraciones de calcio y magnesio en el agua **67**
- Tabla 9.* Equipo de purificación que necesita energía eléctrica para funcionar **73**
- Tabla 10.* Inversión fija **88**
- Tabla 11.* Inversión Diferida **89**
- Tabla 12.* Materia Prima **90**
- Tabla 13.* Insumos **90**
- Tabla 14.* Mano de Obra **90**
- Tabla 15.* Capital de Trabajo **91**
- Tabla 16.* Inversión total del proyecto **91**
- Tabla 17.* Calendario de actividades y flujo de efectivo **92**
- Tabla 18.* Gimnasios en competencia **94**
- Tabla 19.* Competencia de purificadoras **94**
- Tabla 20.* Costos de operación y mantenimiento del gimnasio durante el mes **12 95**
- Tabla 21.* Costos de operación y mantenimiento de la planta purificadora durante el mes **12 96**
- Tabla 22.* 1er Ejercicio financiero basado en el Escenario 1 **98**
- Tabla 23.* Resumen de Ejercicios financieros para el Escenario 1 **99**
- Tabla 24.* 1er Ejercicio financiero basado en el Escenario 2 **100**
- Tabla 25.* Resumen de Ejercicios financieros para el Escenario 2 **101**
- Tabla 26.* Valor Presente Neto del Escenario 1 **104**
- Tabla 27.* Valor Presente Neto del Escenario 2 **105**
- Tabla 28.* Catálogo de Costos **120**
- Tabla 29.* Referencias del Catálogo de Costos **121**
- Tabla 30.* 2do Ejercicio financiero basado en el Escenario 1 **122**
- Tabla 31.* 3er Ejercicio financiero basado en el Escenario 1 **123**
- Tabla 32.* 4to Ejercicio financiero basado en el Escenario 1 **124**
- Tabla 33.* 5to Ejercicio financiero basado en el Escenario 1 **125**
- Tabla 34.* 2do Ejercicio financiero basado en el Escenario 2 **126**
- Tabla 35.* 3er Ejercicio financiero basado en el Escenario 2 **127**
- Tabla 36.* 4to Ejercicio financiero basado en el Escenario 2 **128**
- Tabla 37.* 5to Ejercicio financiero basado en el Escenario 2 **129**





Índice de Imágenes

- Imagen 1.* Aparatos comunes en gimnasios **16**
- Imagen 2.* Gimnasio con aparatos generadores de electricidad **16**
- Imagen 3.* Caminador elíptico **17**
- Imagen 4.* Caminadora **18**
- Imagen 5.* Escaladora **19**
- Imagen 6.* Remadora **19**
- Imagen 7.* Tabla de inversión **20**
- Imagen 8.* Multiestación **21**
- Imagen 9.* Bicicletas para gimnasio **22**
- Imagen 10.* Componentes de una bicicleta fija **23**
- Imagen 11.* Forma básica de un generador de CA **25**
- Imagen 12.* Representación de senoide obtenida del generador de CA **26**
- Imagen 13.* Representación básica de un generador de CD **27**
- Imagen 14.* Forma de onda resultante a la salida de un generador de CD **27**
- Imagen 15.* Generador Síncrono **38**
- Imagen 16.* Generador de Inducción **40**
- Imagen 17.* Generador de CD **41**
- Imagen 18.* Generadores de CD de imanes permanentes a) MIFA y b) MIFRA **41**
- Imagen 19.* Configuraciones del MIFA **43**
- Imagen 20.* MIFA elegida para acoplar a la bicicleta estática **45**
- Imagen 21.* Identificación física de la estrella, biela y pedal en una bicicleta **51**
- Imagen 22.* Identificación de la longitud de la biela l , el ángulo θ de la biela respecto a la horizontal y la forma y ubicación del calapiés **52**
- Imagen 23.* Ejemplos de acoplamiento por fricción **57**
- Imagen 24.* Diferentes niveles o tipos de filtración de acuerdo al tamaño de la partícula sólida suspendida **61**
- Imagen 25.* Equipo necesario para una planta purificadora de 200 garrafones diarios de agua purificada. Se indican los equipos que necesitan conexión eléctrica **63**
- Imagen 26.* El Filtro multimedia y sus medios filtrantes **64**
- Imagen 27.* Explicación gráfica de la adsorción **65**
- Imagen 28.* Filtro de carbón activado **66**
- Imagen 29.* Filtro suavizador **67**
- Imagen 30.* Purificación de agua dura a agua blanda **68**
- Imagen 31.* Comportamiento de la resina de intercambio iónico **68**
- Imagen 32.* Ejemplos de filtros pulidores **69**
- Imagen 33.* Función del filtro pulidor **69**
- Imagen 34.* Ubicación de la radiación UV dentro del espectro electromagnético **70**
- Imagen 34.* Diagrama de proceso de la planta purificadora de agua **71**
- Imagen 35.* Subsistemas del sistema autónomo de generación eléctrica con bicicletas estáticas **73**
- Imagen 36.* Propuesta de configuración de MIFAs **74**
- Imagen 37.* Configuración de baterías **78**
- Imagen 38.* Sistema de eléctrico interconectado a la red eléctrica de CFE **80**
- Imagen 39.* Configuración propuesta del sistema generador eléctrico con MIFAs **81**
- Imagen 40.* Diagrama unifilar del sistema interconectado **82**





Anexos

Anexo 1

Reglamentación del sistema interconectado

Con la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, en su última reforma publicada en el DOF el 09-04-2012 se establece que:

ARTICULO 36.- La Secretaría de Energía considerando los criterios y lineamientos de la política energética nacional y oyendo la opinión de la Comisión Federal de Electricidad, otorgará permisos de autoabastecimiento, de cogeneración, de producción independiente, de pequeña producción o de importación o exportación de energía eléctrica, según se trate, en las condiciones señaladas para cada caso:

III.- De Producción Independiente para generar energía eléctrica destinada a su venta a la Comisión Federal de Electricidad, quedando ésta legalmente obligada a adquirirla en los términos y condiciones económicas que se convengan. Estos permisos podrán ser otorgados cuando se satisfagan los siguientes requisitos:

- a)** Que los solicitantes sean personas físicas o personas morales constituidas conforme a las leyes mexicanas y con domicilio en el territorio nacional, y que cumplan con los requisitos establecidos en la legislación aplicable;
- b)** Que los proyectos motivo de la solicitud estén incluidos en la planeación y programas respectivos de la Comisión Federal de Electricidad o sean equivalentes. La Secretaría de Energía conforme a lo previsto en la fracción III del artículo 3o., podrá otorgar permiso respecto de proyectos no incluidos en dicha planeación y programas, cuando la producción de energía eléctrica de tales proyectos haya sido comprometida para su exportación, y
- c)** Que los solicitantes se obliguen a vender su producción de energía eléctrica exclusivamente a la Comisión Federal de Electricidad, mediante convenios a largo plazo, en los términos del artículo 36-Bis o, previo permiso de la Secretaría en los términos de esta Ley, a exportar total o parcialmente dicha producción.

Otros documentos y reglamentos relacionados con la interconexión a pequeña escala son:

- Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012
- Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012
- Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, su Reglamento
- Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, reforma publicada en el DOF el 24-08-2012.
- Ley de la Industria Eléctrica, publicada en el DOF el 11-05-2014.
- Especificaciones técnicas pequeña escala, documento de CFE.





- Modelo de contrato de interconexión para fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en pequeña escala.

Requisitos requeridos por CFE para realizar un contrato de interconexión en pequeña escala:

- Contrato de suministro normal en baja tensión
- Instalaciones acorde a las Normas Oficiales Mexicanas
- Cumplir las Especificaciones técnicas pequeña escala de la CFE.
- Que la potencia de la fuente no sea mayor de 500 kW y la tensión menor a 1 kV





CATALOGO DE COSTOS		
#	CONCEPTO	COSTO \$M/N
	Gimnasio	
1	Renta del Local	50,000
2	Bicicletas Fijas	11,699
3	Aire acondicionado e instalación	6,367
4	Mobiliario Oficina	10,000
5	Accesorios de oficina	2,000
6	Acondicionamiento	80,000
7	Sonido	20,000
8	Estante venta accesorios deportivos	2,500
9	Accesorios deportivos	27,000
10	Frigobar de bebidas	4,000
11	Bebidas	5,000
12	Cómputo	35,000
13	Constitución legal de la empresa(sociedad)	10,000
14	Aviso de funcionamiento	3,141
15	Licencia de uso de suelo	1,000
16	Permiso de anuncio	7,402
17	Anuncio	4,000
18	Contrato de energía eléctrica	---
19	Contrato de servicio de agua	---
20	Contrato de servicio telefónico	1,500
21	Material de limpieza, baños y mantenimiento	10,000
22	Agua mensual	400
23	Luz mensual	1,850
24	Telefono mensual	600
25	Instructor	8,000
26	Recepcionista	4,500
27	Intendente	3,500
	Planta Purificadora	
28	Planta 200 garrafones e instalación	50,000
29	Acondicionamiento	10,000
30	Certificación de laboratorio	800
31	Permiso de salubridad	---
32	Pipa de 10000	1,000
33	Cómputo	10,000
34	Insumos y consumibles	1,500
35	Uso de suelo	1,000
36	Vendedor	3,000
	Sistema de Generación Eléctrica	
37	Generador MIFA	3,683
38	Inversor de interconexión 6 KW	20,741
39	Cable y accesorios de conexión	10,000
40	Ensamble e instalación	15,000
41	Medidor bidireccional	5,000

Tabla 28. Catálogo de Costos.¹¹³¹¹³ Elaboración propia con información de la Tabla 29



REFERENCIAS DEL CATÁLOGO DE COSTOS	
#	FUENTES DE REFERENCIA
1	http://www.guiadinmuebles.com/renta/local/condesa-cuauhtemoc-df-y-area-metropolitana/592152-uda?utm_source=mitula&utm_medium=xml&utm_campaign=mx_agregadores_propiedades&utm_content=renta_local_592152 200 m ² ubicado en la Col. Condesa México DF Fecha de consulta: 11-02-2015
2	http://tiendafst.com/bicicletas.html Marca: Fitness Station, Modelo HM-5008, dimensiones de área ocupada aprox. 1.3 m X 0.75 m Fecha de consulta: 12-01-2015
3	http://www.quecalor.com Equipo Minisplit Marca: LG, Modelo: SP121CM Fecha de consulta: 12-01-2015
4, 6,7,10,12,20,21,22,23,24,25,26,27	Precios ajustados de Revista Entrepreneur, Nora Castañón Rocha artículo "Abre tu gimnasio" Pag.26-33, 09-09-2008, Karla Ponce artículo "Abre un gimnasio en circuito", 2012, http://www.store.officedepot.com.mx/
5	hojas, plumas, lápices, engrapadora, folders, cinta adhesiva Fecha de consulta: 12-01-2015
8	http://www.mercadolibre.com.mx/ Estante de madera Fecha de consulta: 12-01-2015
9	http://www.marti.mx/ ropa, playeras \$400 (25), pantalones \$700 (20) Fecha de consulta: 12-01-2015
11	http://www.sams.com.mx sams club Gatorade paquete 15 x \$125 Fecha de consulta: 13-01-2015
13	C.P.Juan Manuel Rodríguez Saldaña Fecha de consulta: 30-01-2015
14	www.sedecodf.gob.mx Fecha de consulta: 13-01-2015
15	www.tramitesyservicios.df.gob.mx Vigencia de 2 años Fecha de consulta: 14-01-2015
16	www.tramitesyservicios.df.gob.mx Fecha de consulta: 14-01-2015
17	www.tramitesyservicios.df.gob.mx Fecha de consulta: 14-01-2015
18	Gratuito
19	Gratuito
28	http://www.living-water.org/id68.htm http://www.plantas-purificadoras-de-aguas.com.mx/purificadoras-economicas/purificadora-de-agua-economica-de-200-garrafones-con-suavizador/ Fecha de consulta: 08-11-2014
29,30, 31, 32, 33, 34, 35, 36	Precios ajustados y actualizados de Tesis IPN "implementación de una planta purificadora-ensambladora y distribuidora de agua potable" 2009, Juan Carlos Cortés González, Luis Fernando Escobar Flores, Sergio Adrián Gutiérrez Ramírez, Marco Antonio Lechuga Gómez, David Velázquez Aguilar
37	http://u-polemag.en.alibaba.com/product/1560962048-212187836/100W_200rpm_Permanent_Magnet_Wind_Generator.html?edm_src=sys&edm_type=fdbk&edm_grp=0&edm_cta=read_msg&edm_time=realtime&edm_ver=e Marca:U-POLEMAG Precio: € 219 Fecha de consulta: 15-01-2015
38	http://www.aliexpress.com/item/2014-Free-shipping-24V-48V-6KW-pure-sine-wave-inverter-Low-frequency-inverter-charger-Power-star/2038164855.html Marca: POCASA € 1,233 Fecha de consulta: 15-01-2015
39	http://www.dimeint.com.mx/detalle-producto.php?id=678653 Marca: CONDUMEX, 6 rollos de 150 m calibre 10 AWG, conexiones Fecha de consulta: 24-02-2015
40	Estimación propia de \$500 pesos MX por bicicleta
41	http://www.cfe.gob.mx/ Fecha de consulta: 09-02-2015

Tabla 29. Referencias del Catálogo de Costos.¹¹⁴

¹¹⁴ Elaboración propia con información de internet





Anexo 3

ESCENARIO 1. ESTIMACIÓN FINANCIERA DEL 2o EJERCICIO														
#	CONCEPTO	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Totales anual
ESTADÍSTICAS														
Gimnasio														
1	Mensualidad	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	
2	No. Socios inscritos	60	65	70	80	80	90	90	95	100	110	110	115	89
3	Días trabajados por mes	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	348
4	[kWh/día] generados	5	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	
Purificadora														
5	Precio garrafón	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	
6	Garrafones vendidos por día	80	85	85	90	95	100	105	110	115	100	105	110	
7	Garrafones producidos por mes	2,000	2,125	2,125	2,250	2,375	2,500	2,625	2,750	2,875	2,500	2,625	2,750	2,458
8	Capacidad utilizada	40%	43%	43%	45%	48%	50%	53%	55%	58%	50%	53%	55%	
9	Días trabajados por mes	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	300
10	Pipas utilizadas por mes (10000 lts)	3	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	
INGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
		54,000	58,500	63,000	72,000	72,000	81,000	81,000	85,500	90,000	99,000	99,000	103,500	958,500
Purificadora														
		78,000	80,750	80,750	85,500	90,250	95,000	99,750	104,500	109,250	95,000	99,750	104,500	1,121,000
	Ingresos brutos	130,000	139,250	143,750	157,500	162,250	176,000	180,750	190,000	199,250	194,000	198,750	208,000	2,079,500
EGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
11	Honorarios de instructores (2)	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	228,000
12	Recepcionista	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	60,000
13	Contador	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	48,000
14	Aseo	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	48,000
15	Emprendedores (2)	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	108,000
16	Renta local	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	612,000
17	Energía Eléctrica	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	32,400
18	Teléfono e Internet	1,800	1,800	1,800	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	20,100
19	Agua	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	8,400
20	Gas	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	10,800
21	Artículos limpieza	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	8,400
22	Mantenimiento		4,500		4,500		4,500		4,500		4,500		4,500	27,000
23	Publicidad y promoción	3,500				3,500				3,500				10,500
	Subtotal	102,000	103,000	99,500	103,100	102,100	103,100	98,800	103,300	102,300	103,300	98,800	103,300	1,221,800
Purificadora														
24	Vendedores (2)	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	84,000
25	Contador	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000
26	Aseo	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	18,000
27	Emprendedores (2)	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	108,000
28	Renta local	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	120,000
29	Energía Eléctrica	294	635	635	689	703	738	772	806	840	738	772	806	8,406
30	Teléfono e Internet	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	8,400
31	Costo de pipa por mes (\$1000 c/u)	3,000	4,000	4,000	4,000	4,000	5,000	5,000	5,000	5,000	6,000	6,000	6,000	57,000
32	Análisis bacteriológico	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	10,800
33	Artículos limpieza	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	9,000
34	Consumibles: Tapas, sellos y otros	3,500	3,800	3,700	3,800	3,900	4,100	4,200	4,500	4,600	4,700	4,900	4,900	50,400
35	Mantenimiento		3,000		3,000		3,000		3,000		3,000		3,000	18,000
36	Publicidad y promoción	3,500				3,500				3,500				10,500
	Subtotal	41,144	42,085	39,185	42,319	42,953	43,688	40,822	44,156	44,790	45,288	42,522	45,558	514,506
	Total egresos \$ M/N	143,144	145,085	137,685	145,419	145,053	146,788	139,622	147,456	147,090	148,588	141,322	148,856	1,736,106
	Utilidad Bruta \$ M/N	-13,144	-5,835	6,065	12,081	17,197	29,213	41,128	42,544	52,160	45,413	57,428	59,144	343,394
	UTILIDAD \$ M/N	-13,144	-5,835	4,245	8,457	12,038	20,449	28,790	29,781	36,512	31,789	40,200	41,401	234,682

Tabla 30. 2do Ejercicio financiero basado en el Escenario 1.¹¹⁵

¹¹⁵ *Ibidem*





ESCENARIO 1. ESTIMACION FINANCIERA DEL 3ER EJERCICIO														
#	CONCEPTO	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Totales anual
ESTADÍSTICAS														
Gimnasio														
1	Mensualidad	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	
2	No. Socios inscritos	100	110	110	115	120	130	130	135	135	145	150	155	128
3	Días trabajados por mes	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	348
4	[kWh/día] generados	8	8	8	9	9	10	10	10	10	11	11	12	
Purificadora														
5	Precio garrafón	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	
6	Garrafones vendidos por día	105	105	110	120	120	125	130	140	140	145	150	155	
7	Garrafones producidos por mes	2,625	2,625	2,750	3,000	3,000	3,125	3,250	3,500	3,500	3,625	3,750	3,875	3,219
8	Capacidad utilizada	53%	53%	55%	60%	60%	63%	65%	70%	70%	73%	75%	78%	
9	Días trabajados por mes	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	300
10	Pipas utilizadas por mes (10000 lts)	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	9	
INGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
		90,000	99,000	99,000	103,500	108,000	117,000	117,000	121,500	121,500	130,500	135,000	139,500	1,381,500
Purificadora														
		99,750	99,750	104,500	114,000	114,000	118,750	123,500	133,000	133,000	137,750	142,500	147,250	1,487,750
	Ingresos brutos	189,750	198,750	203,500	217,500	222,000	235,750	240,500	254,500	254,500	268,250	277,500	286,750	2,849,250
EGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
11	Honorarios de instructores (3)	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	360,000
12	Recepcionista	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	60,000
13	Contador	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	60,000
14	Aseo	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	48,000
15	Nutriólogo	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	96,000
16	Emprendedores (2)	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	120,000
17	Renta local	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	612,000
18	Energía Eléctrica	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	33,600
19	Teléfono e Internet	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	24,000
20	Agua	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	9,600
21	Gas	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000
22	Artículos limpieza	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	14,400
23	Mantenimiento		5,000		5,000		5,000		5,000		5,000		5,000	30,000
24	Publicidad y promoción	6,500			6,500		6,500		7,000					20,000
	Subtotal	127,300	125,800	120,800	125,800	127,300	125,800	120,800	125,800	127,800	125,800	120,800	125,800	1,499,600
Purificadora														
25	Vendedores (2)	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	96,000
26	Contador	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000
27	Aseo	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	24,000
28	Emprendedores (2)	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	120,000
29	Renta local	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	132,000
30	Energía Eléctrica	260	209	243	285	260	243	277	319	319	302	311	319	3,347
31	Teléfono e Internet	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	9,600
32	Costo de pipa por mes (\$1100 c/u)	6,800	6,800	6,800	7,700	7,700	7,700	7,700	8,800	8,800	8,800	8,800	9,900	95,700
33	Análisis bacteriológico	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000
34	Artículos limpieza	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000
35	Consumibles: Tapas, sellos y otros	5,200	5,200	5,400	5,500	6,000	6,200	6,300	6,400	6,800	6,800	6,900	7,000	73,500
36	Mantenimiento		4,000		4,000		4,000		4,000		4,000		4,000	24,000
37	Publicidad y promoción	4,500			4,500		4,500		4,500					13,500
	Subtotal	51,380	50,809	47,043	52,285	53,260	52,943	49,077	54,319	55,019	54,702	50,811	56,019	627,647
	Total egresos \$ M/N	178,680	176,609	167,843	178,085	180,560	178,743	169,877	180,119	182,819	180,502	171,611	181,819	2,127,247
	Utilidad Bruta \$ M/N	11,090	22,141	35,657	39,415	41,440	57,007	70,623	74,381	71,681	87,748	105,889	104,931	722,003
	UTILIDAD \$ M/N	7,763	15,499	24,960	27,590	29,008	39,905	49,436	52,066	50,176	61,423	74,122	73,451	505,402

Tabla 31. 3er Ejercicio financiero basado en el Escenario 1.¹¹⁶

¹¹⁶ Ibídem





ESCENARIO 1. ESTIMACIÓN FINANCIERA DEL 4o EJERCICIO														
#	CONCEPTO	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Totales anual
ESTADÍSTICAS														
Gimnasio														
1	Mensualidad	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	
2	No. Socios inscritos	145	155	185	185	170	170	175	185	185	195	210	205	177
3	Días trabajados por mes	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	348
4	[kWh/día] generados aproximados	11	12	12	12	13	13	13	14	14	15	16	15	
Purificadora														
5	Precio garrafón	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	
6	Garrafones vendidos por día	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	200	
7	Garrafones producidos por mes	3,750	3,875	4,000	4,125	4,250	4,375	4,500	4,625	4,750	4,875	5,000	5,000	4,427
8	Capacidad utilizada	75%	78%	80%	83%	85%	88%	90%	93%	95%	98%	100%	100%	
9	Días trabajados por mes	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	300
10	Pipas utilizadas por mes (10000 lts)	8	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	
INGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
		130,500	139,500	148,500	148,500	153,000	153,000	157,500	166,500	166,500	175,500	189,000	184,500	1,912,500
Purificadora														
		142,500	147,250	152,000	156,750	161,500	166,250	171,000	175,750	180,500	185,250	190,000	190,000	2,018,750
	Ingresos brutos	273,000	286,750	300,500	305,250	314,500	319,250	328,500	342,250	347,000	360,750	379,000	374,500	3,931,250
EGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
11	Honorarios de instructores (4)	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	504,000
12	Recepcionista	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	66,000
13	Contador	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	66,000
14	Aseo	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	48,000
15	Nutriólogo	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	120,000
16	Emprendedores (2)	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	132,000
17	Renta local	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	624,000
18	Energía Eléctrica	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	34,800
19	Teléfono e Internet	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	30,000
20	Agua	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	10,800
21	Gas	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	13,400
22	Artículos limpieza	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	18,000
23	Mantenimiento		6,000		6,000		6,000		6,000		6,000		6,000	36,000
24	Publicidad y promoción	8,000				8,000				8,000				24,000
	Subtotal	148,800	144,800	138,800	144,800	146,800	145,000	139,000	145,000	147,000	145,000	139,000	145,000	1,727,000
Purificadora														
25	Vendedores (2)	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	108,000
26	Contador	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000
27	Aseo	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	24,000
28	Emprendedores (2)	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	132,000
29	Renta local	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	144,000
30	Energía Eléctrica	337	319	302	337	345	379	388	371	405	388	345	371	4,286
31	Teléfono e Internet	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000
32	Costo de pipa por mes (\$1100 c/u)	9,800	10,800	10,800	10,800	10,800	12,000	12,000	12,000	12,000	13,200	13,200	13,200	140,400
33	Análisis bacteriológico	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	14,400
34	Artículos limpieza	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	18,000
35	Consumibles: Tapas, sellos y otros	8,000	8,300	9,000	9,200	9,400	9,500	9,700	9,900	10,100	10,200	10,500	10,500	114,300
36	Mantenimiento		5,000		4,500		5,000		4,500		5,000		4,500	28,500
37	Publicidad y promoción	4,500				5,000				5,000				14,500
	Subtotal	61,137	63,119	58,802	63,537	64,245	65,579	60,788	65,471	66,205	67,488	62,745	67,271	766,386
	Total egresos \$ M/N	207,937	207,919	197,602	208,337	211,045	210,579	199,788	210,471	213,205	212,488	201,745	212,271	2,493,386
	Utilidad Bruta \$ M/N	65,063	78,831	102,898	96,913	103,455	108,871	128,712	131,779	133,795	148,262	177,255	162,229	1,437,864
	UTILIDAD \$ M/N	45,544	55,181	72,028	67,839	72,418	76,070	90,099	92,246	93,657	103,784	124,078	113,561	1,006,505

Tabla 32. 4to Ejercicio financiero basado en el Escenario 1.¹¹⁷

¹¹⁷ Ibídem





ESCENARIO 1. ESTIMACIÓN FINANCIERA DEL 5o EJERCICIO														
#	CONCEPTO	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Totales anual
ESTADÍSTICAS														
Gimnasio														
1	Mensualidad	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	
2	No. Socios inscritos	205	215	230	235	240	250	265	270	270	280	285	285	253
3	Días trabajados por mes	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	348
4	[kWh/día] generados aproximados	15	16	17	18	18	19	20	20	20	21	21	21	
Purificadora														
5	Precio garrafón	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	
6	Garrafones vendidos por día	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
7	Garrafones producidos por mes	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
8	Capacidad utilizada	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
9	Días trabajados por mes	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	300
10	Pipas utilizadas por mes (10000 lts)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
INGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
		184,500	193,500	207,000	211,500	216,000	225,000	238,500	243,000	243,000	252,000	256,500	256,500	2,727,000
Purificadora														
		190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	2,280,000
	Ingresos brutos	374,500	383,500	397,000	401,500	406,000	415,000	428,500	433,000	433,000	442,000	446,500	446,500	5,007,000
EGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
11	Honorarios de instructores (4)	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	540,000
12	Recepcionista	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	72,000
13	Contador	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	72,000
14	Aseo (2)	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	96,000
15	Nutriólogo (2)	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	240,000
16	Emprendedores (2)	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	144,000
17	Renta local	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	636,000
18	Energía Eléctrica	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,887	2,881	2,881	34,709
19	Teléfono e Internet	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	39,000
20	Agua	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	13,200
21	Gas	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	18,000
22	Artículos limpieza	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	30,000
23	Mantenimiento		7,000		7,000		7,000		7,000		7,000		7,000	42,000
24	Publicidad y promoción	10,000				10,000				10,000				30,000
	Subtotal	171,000	188,000	181,000	188,000	171,000	188,000	181,500	188,500	171,500	188,487	181,461	188,461	2,006,909
Purificadora														
25	Vendedores (3)	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	162,000
26	Contador	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	18,000
27	Aseo	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	42,000
28	Emprendedores (2)	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	144,000
29	Renta local	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	156,000
30	Energía Eléctrica	371	319	243	217	192	140	64	38	38	-13	-39	-39	1,530
31	Teléfono e Internet	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	30,000
32	Costo de pipa por mes (\$1200 c/u)	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200	158,400
33	Análisis bacteriológico	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	18,000
34	Artículos limpieza	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	36,000
35	Consumibles: Tapas, sellos y otros	11,000	11,100	11,200	11,300	11,400	11,500	11,700	11,900	12,000	12,000	12,500	12,500	140,300
36	Mantenimiento		5,500		6,500		5,500		7,000		6,000		7,000	37,500
37	Publicidad y promoción	5,000				6,000				6,000				17,000
	Subtotal	80,071	80,819	75,143	81,717	81,292	80,840	75,464	82,638	81,738	81,887	78,161	83,161	960,730
	Total egresos \$ M/N	251,071	248,819	236,143	249,717	252,292	248,840	238,964	251,138	253,238	250,374	237,622	251,622	2,967,639
	Utilidad Bruta \$ M/N	123,429	134,881	160,857	151,783	153,709	166,160	191,536	181,862	179,762	191,627	208,878	194,878	2,039,361
	UTILIDAD \$ M/N	86,401	94,416	112,600	106,248	107,596	116,312	134,076	127,303	125,833	134,139	146,214	136,414	1,427,553

Tabla 33. 5to Ejercicio financiero basado en el Escenario 1.¹¹⁸

¹¹⁸ Ibídem





ESCENARIO 2. ESTIMACIÓN FINANCIERA DEL 2o EJERCICIO														
#	CONCEPTO	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Totales anual
ESTADÍSTICAS														
Gimnasio														
1	Mensualidad	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	
2	No. Socios inscritos	100	105	115	120	130	135	145	150	155	165	170	170	138
3	Días trabajados por mes	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	348
4	[kWh/día] generados	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	
Purificadora														
5	Precio garrafón	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	
6	Garrafones vendidos por día	120	120	130	140	150	160	170	165	165	170	170	160	
7	Garrafones producidos por mes	3,000	3,000	3,250	3,500	3,750	4,000	4,250	4,125	4,125	4,250	4,250	4,000	3,792
8	Capacidad utilizada	60%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	83%	83%	85%	85%	80%	
9	Días trabajados por mes	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	300
10	Pipas utilizadas por mes (10000 lts)	7	7	7	8	8	9	9	9	9	9	9	10	
INGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
		90,000	94,500	103,500	108,000	117,000	121,500	130,500	135,000	139,500	148,500	153,000	153,000	1,494,000
Purificadora														
		114,000	114,000	123,500	133,000	142,500	152,000	161,500	156,750	156,750	161,500	161,500	152,000	1,729,000
	Ingresos brutos	204,000	208,500	227,000	241,000	259,500	273,500	292,000	291,750	296,250	310,000	314,500	305,000	3,223,000
EGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
11	Honorarios de instructores (2)	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	228,000
12	Recepcionista	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	60,000
13	Contador	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	48,000
14	Aseo	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	48,000
15	Emprendedores (2)	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	108,000
16	Renta local	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	612,000
17	Energía Eléctrica	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	32,400
18	Teléfono e Internet	1,800	1,800	1,800	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	20,100
19	Agua	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	7,200
20	Gas	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	10,800
21	Artículos limpieza	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	8,400
22	Mantenimiento		4,500		4,500		4,500		4,500		4,500		4,500	27,000
23	Publicidad y promoción	3,500				3,500				3,500				10,500
	Subtotal	102,000	103,000	98,500	103,100	102,100	103,100	98,800	103,100	102,100	103,100	98,800	103,100	1,220,400
Purificadora														
24	Vendedores (2)	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	84,000
25	Contador	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000
26	Aseo	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	18,000
27	Emprendedores (2)	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	108,000
28	Renta local	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	120,000
29	Energía Eléctrica	362	337	354	396	413	456	473	413	388	371	345	277	4,584
30	Teléfono e Internet	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	8,400
31	Costo de pipa por mes (\$1000 c/u)	7,000	7,000	7,000	8,000	8,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	10,000	101,000
32	Análisis bacteriológico	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	10,800
33	Artículos limpieza	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	9,000
34	Consumibles: Tapas, sellos y otros	5,000	5,000	5,600	6,000	6,200	6,500	6,800	6,800	6,800	7,000	7,000	7,200	75,900
35	Mantenimiento		3,000		3,000		3,000		3,000		3,000		3,000	18,000
36	Publicidad y promoción	3,500				3,500				3,500				10,500
	Subtotal	46,712	48,187	43,804	48,246	48,963	49,806	47,123	50,063	50,538	50,221	47,195	51,327	580,184
	Total egresos \$ M/N	148,712	149,187	142,304	151,346	151,063	152,906	145,723	153,163	152,638	153,321	145,795	154,427	1,800,584
	Utilidad Bruta \$ M/N	55,288	59,313	84,696	89,654	108,437	120,594	146,277	138,587	143,612	156,679	168,705	150,573	1,422,416
	UTILIDAD \$ M/N	38,702	41,519	59,287	62,758	75,906	84,416	102,394	97,011	100,529	109,676	118,093	105,401	995,691

Tabla 34. 2do Ejercicio financiero basado en el Escenario 2.¹¹⁹

¹¹⁹ Ibídem





ESCENARIO 2. ESTIMACIÓN FINANCIERA DEL 3ER EJERCICIO														
#	CONCEPTO	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Totales anual
ESTADÍSTICAS														
Gimnasio														
1	Mensualidad	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	
2	No. Socios inscritos	150	160	165	175	185	200	200	210	220	220	220	230	195
3	Días trabajados por mes	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	348
4	[kWh/día] generados	11	12	12	13	14	15	15	16	17	17	17	17	
Purificadora														
5	Precio garrafón	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	
6	Garrafones vendidos por día	165	175	185	185	185	190	190	200	200	200	200	195	
7	Garrafones producidos por mes	4,125	4,375	4,625	4,625	4,625	4,750	4,750	5,000	5,000	5,000	5,000	4,875	4,729
8	Capacidad utilizada	83%	88%	93%	93%	93%	95%	95%	100%	100%	100%	100%	98%	
9	Días trabajados por mes	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	300
10	Pipas utilizadas por mes (10000 lts)	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	10	
INGRESOS \$MX														
Gimnasio														
		135,000	144,000	148,500	157,500	166,500	180,000	180,000	189,000	198,000	198,000	198,000	207,000	2,101,500
Purificadora														
		156,750	166,250	175,750	175,750	175,750	180,500	180,500	190,000	190,000	190,000	190,000	185,250	2,156,500
	Ingresos brutos	291,750	310,250	324,250	333,250	342,250	360,500	360,500	379,000	388,000	388,000	388,000	392,250	4,258,000
EGRESOS \$MX														
Gimnasio														
11	Honorarios de instructores (3)	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	360,000
12	Recepcionista	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	60,000
13	Contador	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	60,000
14	Aseo	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	48,000
15	Nutriólogo	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	96,000
16	Emprendedores (2)	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	120,000
17	Renta local	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	51,000	612,000
18	Energía Eléctrica	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	33,600
19	Teléfono e Internet	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	24,000
20	Agua	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	9,600
21	Gas	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000
22	Artículos limpieza	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	14,400
23	Mantenimiento		5,000		5,000		5,000		5,000		5,000		5,000	30,000
24	Publicidad y promoción	6,500				6,500				7,000				20,000
	Subtotal	127,300	125,800	120,800	125,800	127,300	125,800	120,800	125,800	127,800	125,800	120,800	125,800	1,499,600
Purificadora														
25	Vendedores (2)	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	96,000
26	Contador	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000
27	Aseo	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	24,000
28	Emprendedores (2)	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	120,000
29	Renta local	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	132,000
30	Energía Eléctrica	413	430	473	422	371	328	328	345	294	294	294	209	4,200
31	Teléfono e Internet	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	9,600
32	Costo de pipa por mes (\$1100 c/u)	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	12,100	12,100	12,100	12,100	11,000	136,400
33	Análisis bacteriológico	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000
34	Artículos limpieza	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000
35	Consumibles: Tapas, sellos y otros	7,500	8,000	8,000	8,200	8,500	8,800	8,900	8,900	9,100	9,400	9,400	9,500	104,000
36	Mantenimiento		4,000		4,000		4,000		4,000		4,000		4,000	24,000
37	Publicidad y promoción	4,500				4,500				4,500				13,500
	Subtotal	58,213	58,230	54,273	58,422	59,171	58,728	55,028	60,145	60,794	60,594	56,594	59,509	699,700
	Total egresos \$MX	185,513	184,030	175,073	184,222	186,471	184,528	175,828	185,945	188,594	186,394	177,394	185,309	2,199,300
	Utilidad Bruta \$MX	106,237	126,220	149,177	149,028	155,779	175,972	184,672	193,055	199,406	201,606	210,606	208,941	2,058,700
	UTILIDAD \$MX	74,366	88,354	104,424	104,320	109,046	123,180	129,270	135,138	139,584	141,124	147,424	144,859	1,441,090

Tabla 35. 3er Ejercicio financiero basado en el Escenario 2.¹²⁰

¹²⁰ Ibídem





ESCENARIO 2. ESTIMACIÓN FINANCIERA DEL 4o EJERCICIO														
#	CONCEPTO	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Totales anual
ESTADÍSTICAS														
Gimnasio														
1	Mensualidad	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	
2	No. Socios inscritos	200	195	210	230	235	240	245	255	265	270	280	270	241
3	Días trabajados por mes	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	348
4	[kWh/día] generados	15	15	16	17	18	18	18	19	20	20	21	20	
Purificadora														
5	Precio garrafon	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	
6	Garrafrones vendidos por día	195	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
7	Garrafrones producidos por mes	4,875	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	4,990
8	Capacidad utilizada	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
9	Días trabajados por mes	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	300
10	Pipas utilizadas por mes (10000 lts)	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
INGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
		180,000	175,500	189,000	207,000	211,500	216,000	220,500	229,500	238,500	243,000	252,000	243,000	2,605,500
Purificadora														
		185,250	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	2,275,250
	Ingresos brutos	365,250	365,500	379,000	397,000	401,500	406,000	410,500	419,500	428,500	433,000	442,000	433,000	4,880,750
EGRESOS \$ M/N														
Gimnasio														
11	Honorarios de instructores (4)	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	504,000
12	Recepcionista	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	66,000
13	Contador	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	66,000
14	Aseo	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	48,000
15	Nutriólogo	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	120,000
16	Emprendedores (2)	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	132,000
17	Renta local	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	52,000	624,000
18	Energía Eléctrica	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,887	2,900	34,787
19	Teléfono e Internet	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	30,000
20	Agua	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	10,800
21	Gas	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	13,400
22	Artículos limpieza	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	18,000
23	Mantenimiento		6,000		6,000		6,000		6,000		6,000		6,000	36,000
24	Publicidad y promoción	8,000				8,000				8,000				24,000
	Subtotal	148,800	144,800	138,800	144,800	146,800	145,000	139,000	145,000	147,000	145,000	138,987	145,000	1,726,987
Purificadora														
25	Vendedores (2)	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	108,000
26	Contador	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000
27	Aseo	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	24,000
28	Emprendedores (2)	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	132,000
29	Renta local	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	144,000
30	Energía Eléctrica	382	422	345	243	217	192	166	115	64	38	-13	38	2,187
31	Teléfono e Internet	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000
32	Costo de pipa por mes (\$1100 c/u)	12,100	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200	157,300
33	Análisis bacteriológico	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	14,400
34	Artículos limpieza	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	18,000
35	Consumibles: Tapas, sellos y otros	10,000	10,800	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,500	11,500	11,500	11,500	132,800
36	Mantenimiento		5,000		4,500		5,000		4,500		5,000		4,500	28,500
37	Publicidad y promoción	4,500				5,000				5,000				14,500
	Subtotal	65,662	68,122	63,245	67,643	68,117	68,092	63,066	67,515	68,464	68,438	63,387	67,938	799,687
	Total egresos \$ M/N	212,462	212,922	202,045	212,443	214,917	213,092	202,066	212,515	215,464	213,438	202,374	212,938	2,526,674
	Utilidad Bruta \$ M/N	152,788	152,578	176,955	184,557	186,583	192,909	208,434	206,985	213,036	219,562	239,627	220,062	2,354,076
	UTILIDADES \$ M/N	106,952	106,805	123,868	129,190	130,608	135,036	145,904	144,890	149,126	153,693	167,739	154,043	1,647,853

Tabla 36. 4to Ejercicio financiero basado en el Escenario 2.¹²¹

¹²¹ Ibídem





ESCENARIO 2. ESTIMACION FINANCIERA 5o EJERCICIO														
#	CONCEPTO	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Totales anual
ESTADÍSTICAS														
Gimnasio														
1	Mensualidad	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900	
2	No. Socios inscritos	275	280	290	295	305	310	320	330	345	350	360	360	318
3	Días trabajados por mes	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	348
4	[kWh/día] generados aproximados	21	21	22	22	23	23	24	25	26	26	27	27	
Purificadora														
5	Precio garrafón	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	\$38	
6	Garrafones vendidos por día	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
7	Garrafones producidos por mes	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
8	Capacidad utilizada	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
9	Días trabajados por mes	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	300
10	Pipas utilizadas por mes (10000 lts)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
INGRESOS \$MX														
Gimnasio														
		247,500	252,000	261,000	265,500	274,500	279,000	288,000	297,000	310,500	315,000	324,000	324,000	3,438,000
Purificadora														
		190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	190,000	2,280,000
	Ingresos brutos	437,500	442,000	451,000	455,500	464,500	469,000	478,000	487,000	500,500	505,000	514,000	514,000	5,718,000
EGRESOS \$MX														
Gimnasio														
11	Honorarios de instructores (4)	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	540,000
12	Recepcionista	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	72,000
13	Contador	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	72,000
14	Aseo (2)	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	96,000
15	Nutriólogo (2)	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	240,000
16	Emprendedores (2)	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	144,000
17	Renta local	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000	636,000
18	Energía Eléctrica	2,900	2,887	2,836	2,810	2,759	2,733	2,682	2,631	2,554	2,528	2,477	2,477	32,274
19	Teléfono e Internet	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	39,000
20	Agua	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	13,200
21	Gas	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	18,000
22	Artículos limpieza	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	30,000
23	Mantenimiento		7,000		7,000		7,000		7,000		7,000		7,000	42,000
24	Publicidad y promoción	10,000				10,000				10,000				30,000
	Subtotal	171,000	167,987	160,936	167,910	170,859	167,833	161,282	168,231	171,154	168,128	161,077	168,077	2,004,474
Purificadora														
25	Vendedores (3)	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	162,000
26	Contador	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	18,000
27	Aseo	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	42,000
28	Emprendedores (2)	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	144,000
29	Renta local	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	156,000
30	Energía Eléctrica	12	-13	-64	-90	-141	-167	-218	-289	-348	-372	-423	-423	-2,514
31	Teléfono e Internet	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	30,000
32	Costo de pipa por mes (\$1200 c/u)	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	172,800
33	Análisis bacteriológico	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	18,000
34	Artículos limpieza	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	36,000
35	Consumibles: Tapas, sellos y otros	11,000	11,100	11,200	11,300	11,400	11,500	11,700	11,900	12,000	12,200	12,500	12,500	140,300
36	Mantenimiento		5,500		6,500		5,500		7,000		6,000		7,000	37,500
37	Publicidad y promoción	5,000				6,000				6,000				17,000
	Subtotal	80,912	81,487	76,036	82,610	82,159	81,733	76,382	83,531	82,554	82,728	76,977	83,977	971,086
	Total egresos \$MX	251,912	249,474	236,971	250,520	253,018	249,566	237,664	251,762	253,708	250,857	238,055	252,055	2,975,560
	Utilidad Bruta \$MX	185,588	192,527	214,029	204,980	211,482	219,434	240,336	235,238	246,792	254,143	275,946	261,948	2,742,440
	UTILIDAD \$MX	129,911	134,769	149,820	143,486	148,038	153,604	168,235	164,667	172,754	177,900	193,162	183,362	1,919,708

Tabla 37. 5to Ejercicio financiero basado en el Escenario 2.¹²²

¹²² Ibidem





Anexo 4



Flujos de efectivo para el Escenario 1 convertidos a VP.

$$VP_1 = -305,060 \frac{1}{(1+0.15)^1} = -265,270$$

$$VP_2 = 234,682 \frac{1}{(1+0.15)^2} = 177,453$$

$$VP_3 = 505,402 \frac{1}{(1+0.15)^3} = 332,310$$

$$VP_4 = 1,006,505 \frac{1}{(1+0.15)^4} = 575,472$$

$$VP_5 = 1,427,553 \frac{1}{(1+0.15)^5} = 709,746$$

Flujos de efectivo para el Escenario 2 convertidos a VP.

$$VP_1 = 335,993 \frac{1}{(1+0.15)^1} = 292,168$$

$$VP_2 = 995,691 \frac{1}{(1+0.15)^2} = 752,885$$

$$VP_3 = 1,441,090 \frac{1}{(1+0.15)^3} = 947,540$$

$$VP_4 = 1,647,853 \frac{1}{(1+0.15)^4} = 942,165$$

$$VP_5 = 1,919,708 \frac{1}{(1+0.15)^5} = 954,434$$





Anexo 5

Hoja de Parámetros técnicos de la MIFA modelo AFPMF260-2.2KW/200RPM.¹²³

Technical Parameters

No.	Parameter	Units	Data
1	Rated output power	KW	0.2
2	Rated speed	RPM	200
3	Rated output voltage	VDC	28
4	Rated current	A	7.1
5	Phase resistance	Ω	2.69
6	Output wire square section	mm ²	2
7	Efficiency		>85%
8	Winding type		Y
9	Insulation resistance		100Mohm Min(500V DC)
10	Voltage withstand	ma	<5 ma
11	Insulation		H class
12	Start torque	Nm	<0.1
13	Temperature rise	$^{\circ}\text{C}$	<80
14	Max. working temperature	$^{\circ}\text{C}$	<120
15	Generator diameter	mm	260
16	Shaft diameter	mm	30
17	Housing material		Aluminum Alloy
18	Shaft material		Steel or stainless steel
19	Bearing		NSK or SKF
20	Weight	Kg	11
21	Design lifetime	Year	>20

¹²³ Seoyoung Tech, AFPM (Axial Flux Permanent Magnet Generator), información técnica, (Korea: 2005) consultada el 12/enero/2015 en <http://www.evsmotor.co.kr/eng/product/axial-flux.php>

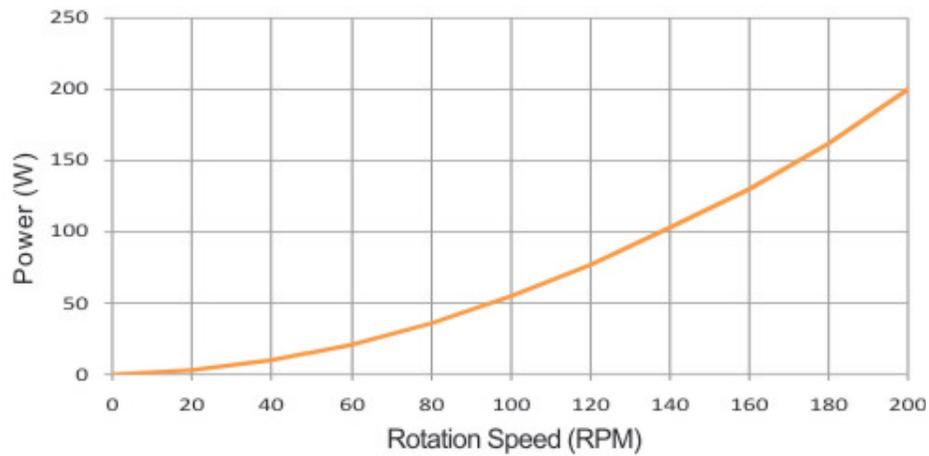




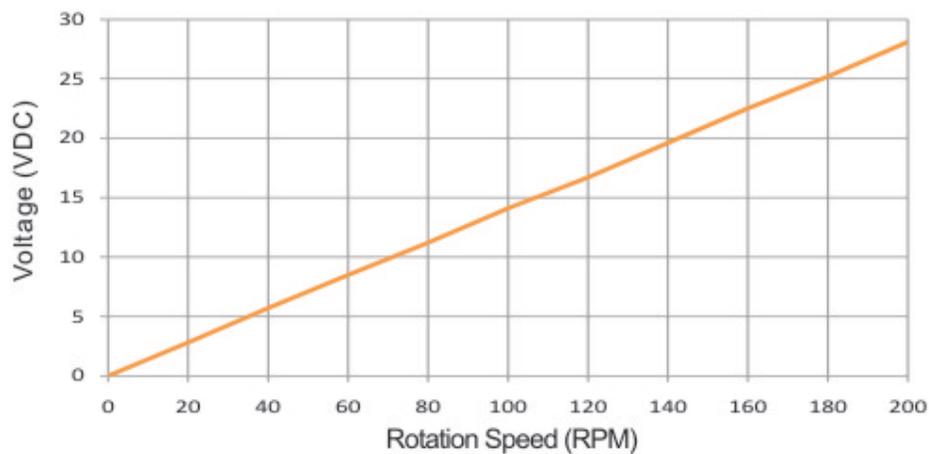
Testing Data

Speed (RPM)	Load voltage (VDC)	Load current (A)	Load power (W)	Torque (N.m)	Efficiency (%)
200	28.1	7.1	200	10.6	90.1
180	25.2	6.4	162	9.6	89.5
160	22.5	5.8	130	8.7	89.2
140	19.6	5.3	103	7.9	88.8
120	16.7	4.6	77	7.0	87.9
100	14.1	3.9	55	6.1	86.1
80	11.2	3.2	36	5.0	85.8
60	8.5	2.4	21	3.9	85.1
40	5.7	1.7	10	2.8	84.3
20	2.8	0.9	3	1.5	82.3

Speed-Power Curve



Speed-Voltage Curve





Speed-Voltage Curve

