

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y
MEDICINA

PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN
CIENCIAS AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA:

JESÚS ÁNGEL CORRAL JARA

**CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA EN UN
GIMNASIO**

DIRECTOR DE TESIS:

DR. HÉCTOR MARTÍN DURÁN GARCÍA

ASESORES:

DR. LUIS ARMANDO BERNAL JÁCOME

DR. ERICH DIETMAR RÖSSEL KIPPING

ASESOR EMPRESA:

MC. ADRIÁN MARTÍNEZ PÉREZ

FECHA: 20 de Julio de 2015

CRÉDITOS INSTITUCIONALES

**PROYECTO REALIZADO EN:
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**

**AGRADEZCO A CONACyT EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS
Becario No. 554187**

**LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO A
TRAVÉS
DEL PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD (PNPC)**

CONTENIDO.

	Pág.
NOMENCLATURA Y SIGLAS	12
1. INTRODUCCIÓN	13
2. OBJETIVO	15
3. ANTECEDENTES	16
3.1 SISTEMA ENERGÉTICO	16
3.2 PANORAMA INTERNACIONAL DE LAS FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE	18
3.3 PROYECCIÓN ELÉCTRICA EN MÉXICO	20
3.3.1 Población	21
3.3.2 PIB per cápita.	22
3.3.3 Intensidad de carbón (CO ₂ eléctrico/ Demanda Eléctrica)	24
3.3.4 Demanda eléctrica/ PIB (intensidad eléctrica)	24
3.4 VENTAS INTERNAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR REGIÓN EN MÉXICO	28
3.4.1 Centro-Occidente	30
3.4.2 Estructura tarifaria y política de subsidios	31
3.5 NORMAS OFICIALES MEXICANAS DEL SECTOR ELÉCTRICO	32
3.5.1 Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en materia ecológica aplicables a la industria eléctrica	32
3.5.2 Marco Regulatorio Básico para las Energías Renovables.	34
3.6 BIOMIMICRY.	36
3.6.1 La naturaleza como modelo:	36
3.6.2 La naturaleza como medida:	36
3.6.3 La naturaleza como mentor:	37
3.7 ARQUITECTURA SOSTENIBLE	37
3.7.1 La Naturaleza como fuente de inspiración	38
3.7.2 Una percepción del tiempo.	39
3.7.3 El tamaño	40
3.7.4 Estructuras en la naturaleza	41
3.7.5 Definición física del ambiente.	43
3.8 GIMNASIOS VERDES.	44
3.9 ENERGÍA CINÉTICA	44
3.9.1 Metabolismo Energético	45

3.9.2 ISO 8996:2004.....	45
3.9.3 Flujos de Materia y Energía.	46
3.9.4 Fisiología.	47
3.9.5 Fuentes de Energía.....	47
3.10 MECANISMO.....	48
3.11 GENERADORES DE CORRIENTE	49
3.11.1 Generador de Corriente Continua	51
3.12 GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	53
3.13 INVERSORES (CONVERTIDORES DC-AC).....	55
4 METODOLOGÍA.....	58
4.1 ÁREA DE TRABAJO	58
4.2 SISTEMA COMPLEJO.....	59
4.3 METODOLOGÍA.....	60
5 RESULTADOS	66
5.1 DESARROLLO SUSTENTABLE	66
5.1.1 Social.....	66
5.1.2 Político	67
5.1.3 Ambiental.....	68
5.1.4 Económicos.	72
5.2 DEMANDA ENERGÉTICA DEL GIMNASIO	74
5.2.1 Iluminación.....	74
5.2.2 Demanda Energética en el Gimnasio.	82
5.3 GENERACIÓN ELÉCTRICA EN BASE A CELDAS FOTOVOLTAICAS.	82
5.4 GENERACIÓN ELÉCTRICA EN BASE A ELEMENTOS CARDIOVASCULARES	86
5.4.1 Bicicleta.....	87
5.4.2 Elíptica fija.....	88
5.4.3 Elíptica Móvil.....	90
5.4.4 Remadora.....	91
5.5 SISTEMA SOLAR TÉRMICO.....	92
6. DISCUSIÓN.....	95
7. CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS POSTERIORES.	99

8. BIBLIOGRAFÍA.....	100
9. ANEXOS.	104
9.1 PLANTA ARQUITECTÓNICA BAJA.....	104
9.2 PLANTA ARQUITECTÓNICA ALTA	105
9.3 ALZADOS DE FACHADA	106
9.4 RENDER FRONTAL GIMNASIO	107
9.5 RENDER POSTERIOR GIMNASIO.....	108
9.6 ASOLAMIENTOS.....	109
9.6.1 Verano 7:30 am.....	109
9.6.2 Verano 1:30 pm.....	110
9.6.3 Invierno 7:30 am	111
9.6.4 Invierno 1:30 pm	112
9.7 CROQUIS ELÉCTRICO.....	113

LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 1. Regionalización estadística del mercado nacional de energía eléctrica	28
Figura 2. Estructura de las ventas internas (GWh) por entidad federativa y región estadística, 2007 (participación porcentual promedio).	29
Figura 3. Sistema de poleas con correa.	49
Figura 4. Transmisión por cadena.	49
Figura 5. Un generador de CD eléctrica es simplemente un generador de CA equipado con un rectificador mecánico llamado conmutador.	51
Figura 6. Silicio Dopado.	54
Figura 7. Funcionamiento de una Célula Fotovoltaica.	55
Figura 8. Esquema del principio de funcionamiento de un inversor monofásico.	56
Figura 9. Principio de funcionamiento de la tecnología PWM.	56
Figura 10. Punto de potencia máxima (MPP) de un generador fotovoltaico.	57
Figura 11. Mapa de irradiación solar en México.	58
Figura 12. Zonificación de áreas verdes en la ciudad de San Luis Potosí.	59
Figura 13. Diagrama unifilar eléctrico.	61
Figura 14. Normas y Leyes en México.	67
Figura 15. Diagrama de Zonificación.	68
Figura 16. Echinocactusgrusonii como medio de inspiración.	70
Figura 17. Gato Montés como medio de inspiración.	70
Figura 18. Vista superior del croquis del gimnasio.	71

Figura 19. Forma de la losa.	71
Figura 20. Sistemas Pasivos.	72
Figura 21. Altura de trabajo.	76
Figura 22. Tipo de luminaria.	77
Figura 23. Distribución uniforme de luminarias.	80
Figura 24. Distribución de luminarias en gimnasio.	81
Figura 25. Angulo de inclinación para paneles solares en SLP (5°).	83
Figura 26. Dimensionamiento de paneles en la techumbre.	85
Figura 27. Esquema del Sistema de Calentamiento Solar (ACSOL 2.5).	93

LISTA DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 1. Evolución de la población, la demanda de energía primaria y el uso de energía primaria per cápita.	17
Tabla 2. PIB estimado bajo tres escenarios de crecimiento (millones de US\$).	23
Tabla 3. PIB per cápita proyectado (dólares).	23
Tabla 4. Demanda eléctrica (GWh-año) requerida para el año 2050.	27
Tabla 5. Demanda eléctrica (GWh-año) requerida para el año 2100.	28
Tabla 6. Ventas totales del servicio público por región, 2007-2017 (GWh).	29
Tabla 7. Demanda bruta estimada por tipo de carga y área de Demanda bruta estimada por tipo de carga y área de control, 2007-2017 (MW).	30
Tabla 8. Flujo de Materia y Energía.	46
Tabla 9. Costo de Producción de Electricidad en México, (CFE, 2008).	73
Tabla 10. Comparación entre las tecnologías de generación termoelectrica.	74
Tabla 11. Nivel de iluminación media (Em) del gimnasio.	76
Tabla 12. Índice del local.	78
Tabla 13. Coeficiente de reflexión.	78
Tabla 14. Coeficiente de mantenimiento.	79
Tabla 15. Tipo de lámpara a utilizar.	81
Tabla 16. Demanda energética del gimnasio.	82
Tabla 17. Especificaciones técnicas de los paneles Monocrystalline Solar Module STP325S/STP320S-24/vem marca SUNTECH.	84
Tabla 18. Watts generados en Bicicletas.	87

Tabla 19. Watts generados en Elíptica Fija.	88
Tabla 20. Watts generados en Elíptica Móvil.	90
Tabla 21. Watts generados en Remadora.	91
Tabla 22. Resultado del sistema solar térmico en el software ACSOL 2.5.	94

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Distribución de la demanda mundial de energía, 1990-2010 (Millones de toneladas de petróleo equivalente).	20
Gráfica 2. Crecimiento de la Población en México, 2010-2100.	22
Gráfica 3. Comparativo Chile-México-Rep. Corea, PIB per cápita, PPP US\$ de 1990.	23
Gráfica 4. Intensidad Eléctrica (kWh-año/PIB, miles de dólares corrientes).	25
Gráfica 5. Consumo eléctrico per cápita, economías seleccionadas en América Latina (1971-2009).	26
Gráfica 6. Comparación kWh per cápita en 2010, diversas economías.	27
Gráfica 7. Encuesta de aceptación del gimnasio.	66
Gráfica 8. Resumen de Resultados.	97

NOMENCLATURA Y SIGLAS

A	Amperes	LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
ANES	Asociación Nacional de Energía Solar	LIP	Lípidos
ATP	Trifósforo de Adenosina	m	Metro
CA	Corriente Alterna	m²	Metro Cuadrado
CD	Corriente Directa	m/s	Metro sobre Segundo
CFE	Comisión Federal de Electricidad	MPPT	Maximun Power Point Tracking
CHO	Carbohidratos	Mtpe	Millones de Toneladas equivalentes de Petróleo.
CO₂	Dióxido de Carbono	N1	Velocidad 1
CONAPO	Consejo Nacional de Población	N2	Velocidad 2
D1	Diámetro 1	O₂	Oxígeno
D2	Diámetro 2	ONU	Organización de las Naciones Unidas
E	Energía Cinética	PIB	Producto Interno Bruto
FV	Fotovoltaico	PRO	Proteínas
GWh	Gigawatt-hora	PWM	Pulse Width Modulation
Hz	Hertz	r.p.m.	Revoluciones por minuto
I&D	Investigación y Desarrollo	SEN	Sector Eléctrico Nacional
IE	Intensidad Eléctrica	SENER	Secretaría de Energía
IEA	International Energy Agency	s.p.m.	Zancadas por minuto
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático	s. n. m	Sobre nivel de mar
ISO	International Organization for Standardization	tmca	Tasa Media de Crecimiento Anual
J	Joule	V	Volt
kCal	Kilo Calorías	v²	Velocidad al Cuadrado
kTon	Kilo Toneladas	W	Watts
kWh/m²	Kilo watts hora por metro cuadrado		

1. INTRODUCCIÓN

La energía juega un papel primordial dentro de toda actividad humana. Su desarrollo al paso del tiempo se puede describir como una conjugación de etapas enclavadas dentro del devenir socioeconómico del hombre, con fuerte influencia en acontecimientos político-económico, científico-tecnológico, guerras, impacto al ambiente, y de gran incidencia en conflictos con altos riesgos a nivel global.

El conjunto de los diferentes tipos de energía en forma correlacionada han colaborado en el crecimiento y desarrollo económico de los países, con un papel determinante en la interdependencia económica-energética-política mundial, su participación en la contaminación ambiental, y la búsqueda de alternativas de un modelo de desarrollo sustentable.

Por ello, encontramos que existe, demanda creciente de procesos energéticos, la sociedad exige energías renovables. En sí, bajo estructuras dentro de la Investigación & Desarrollo, Normatividad y propuestas de *transición energética*, dentro de la sustentabilidad Energética e Innovación y Desarrollo.

Históricamente la demanda energética se ha satisfecho por fuentes fósiles, generadoras de grandes emisiones de CO_2 , y otros gases de efecto invernadero. Es por ello, que se debe buscar y encontrar solución a esta problemática, con *Nuevas Fuentes de Generación de Energía Eléctrica*, amigable con el ambiente.

Hay Programas de orden académico y empresarial, cuyo propósito es el aprovechamiento de Energías Renovables; el presente trabajo se enfoca a la Proyección de un Gimnasio Autosustentable en base a la energía eléctrica que se genere; donde se busca aprovechar la Energía Cinética del deportista. Existe

potencial de energía cinética en diferentes actividades deportivas. En México en el año 2012, la SENER (Secretaría de Energía) presentó un informe sobre el potencial de las Energías Renovables titulado: Prospectivas de las Energías Renovables 2012-2026. En el área educativa la Academia Mexicana de Ciencias y la Universidad Nacional Autónoma de México, en el 2010 presentaron un informe titulado Energías Alternas: Propuesta de Investigación y Desarrollo Tecnológico para México.

Existe un problema de múltiples factores, México depende fuertemente de la energía eléctrica del sistema hidro y termoeléctrico (combinación de energías convencionales y no convencionales), y uno de los problemas más serios, es el que a nuestro país se le ubica con alto grado de vulnerabilidad dentro de los cambios climáticos (temporadas secas, poco suministro de agua a presas); por lo anterior es de primer orden, buscar alternativas sobre el aprovechamiento de Energías Renovables, y no depender de energías derivadas de combustibles fósiles; de alto Impacto Ambiental, todo ello, encaminado bajo un Plan Energético Regional.

Los recursos Energéticos Renovables en México, están en fase preliminar, es importante señalar y canalizar esfuerzos con el objetivo de aplicar programas para el aprovechamiento de la Energía Renovable. Dichos programas deberán encaminarse dentro de los planes de Desarrollo Sectorial, coordinados bajo la estructura I&D. De esta manera la tecnología, se encaminará dentro de una Metodología Sustentable.

2. OBJETIVO

Proyectar un gimnasio con alta eficiencia energética y realizar el cálculo de la energía eléctrica generada por deportistas y la obtenida del sol.

3. ANTECEDENTES

3.1 Sistema Energético

Es innegable el papel que el sistema energético tiene y ha tenido en el desarrollo de los pueblos. En el contexto actual, la previsible crisis del sistema energético basado fundamentalmente en fuentes de origen fósil es motivo de múltiples publicaciones, informes, reuniones políticas de alto nivel, conflictos geopolíticos y de debate social (Velo, 2013).⁴¹

En el año 2010, de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), la oferta total de energía primaria en el mundo fue de 12717 millones de toneladas equivalentes de petróleo, de las cuales se produjo el 13.0% a partir de fuentes renovables de energía (incluyendo las grandes centrales hidroeléctricas) (Anónimo, 2012).¹⁰

Actualmente la IEA considera diversos escenarios para las energías renovables, que contemplan distintos niveles de compromiso respecto a las políticas gubernamentales dirigidas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a la diversificación del portafolio energético. En este sentido se prevé una expansión rápida en el uso de las energías renovables modernas hacia el año 2035. Se espera que el suministro de energía renovable moderna (hidráulica, eólica terrestre y marina, solar, geotérmica, de los océanos y biomasa) se incremente de 840 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtpe) en 2008 a una participación en el intervalo de 1900 Mtpe a 3250 Mtpe en el año 2035, en función de los diferentes escenarios (Anónimo, 2012).¹⁰

La Tabla 1 muestra cómo el 76% de la población sólo consume el 38% de la energía primaria.

¹⁰ Anónimo. (2012). *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*. México: Gobierno Federal. Obtenido de http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PER_2012-2026.pdf

⁴¹ Velo G., E. (2013). *Desafíos del sector de la energía como impulsor del desarrollo humano*. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona: Grupo de Investigación en Cooperación para el Desarrollo Humano.

Tabla 1. Evolución de la población, la demanda de energía primaria y el uso de energía primaria per cápita (AIE, 2004). ¹

	2002		2030		2002-2030
Población (millones de habitantes)					
Países en desarrollo	4.712	76%	6.48	80%	38%
Resto del Mundo	1.488	24%	1.62	20%	9%
TOTAL	6.2		8.1		31%
Demanda de energía primaria (toneladas equivalentes de petróleo)					
Países en desarrollo	3.931	38%	7.089	43%	
Resto del Mundo	6.414	62%	9.398	57%	
TOTAL	10.345		16.487		
Uso per capita de energía (tep por habitante y año)					
Países en desarrollo	0.83		1.09		
Resto del Mundo	4.31		5.8		

Enrique Velo García (2013), menciona que **el sistema energético actual es insostenible** por diversas razones:

•No garantiza la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

- La previsible escasez de fuentes de energía puede tener repercusiones graves sobre la economía.
- La lucha por el control de las cada vez más escasas fuentes de energía fósil generada, provocará conflictos geopolíticos.

•Tiene repercusiones sobre el ambiente a escala local y global.

- Que pueden tener efectos irreversibles para las generaciones futuras

¹ AIE. (2004). *World Energy Outlook 2004*. AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGIA. París: IEA.

- Que afectan en mayor medida a las zonas del planeta más vulnerables (desastres naturales debidos al cambio climático) y a las personas más vulnerables (enfermedades debidas al uso tradicional de la biomasa).

- **No garantiza el acceso universal**

- Limitando el desarrollo humano de una parte importante de la población mundial

En un escenario de referencia en el que las políticas de los gobiernos sigan siendo las mismas que en 2004, la Agencia Internacional de Energía (IEA) prevé un aumento de las necesidades energéticas mundiales para 2030 del orden del 60% (Tabla 1). Una buena parte de dicho incremento provendría de los países en desarrollo (Velo,2013). ⁴¹

3.2 Panorama Internacional de las Fuentes de Energía Renovable.

El porcentaje de la población con acceso a la electricidad en los países en desarrollo se espera que pase del 66% en 2002 al 78% en 2030. En Oriente Medio, Norte de África, Asia Oriental y América Latina, se espera que los porcentajes de electrificación se aproximen al 100%. Aunque la situación puede mejorar en el África Subsahariana (región caracterizada por su gran pobreza económica), se espera que en el año 2030 todavía permanezca sin acceso a la electricidad la mitad de su población. Todo ello implicaría que unos 1400 millones de personas en el mundo no tengan acceso a la electricidad, con una disminución en números absolutos en Asia pero un incremento en África. El acceso a la electricidad en zonas

⁴¹ Velo G., E. (2013). *Desafíos del sector de la energía como impulsor del desarrollo humano*. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona: Grupo de Investigación en Cooperación para el Desarrollo Humano.

urbanas seguiría siendo más fácil que en zonas rurales, pero el número total de personas sin electricidad en las ciudades aumentará ligeramente, mientras que decaerá en las zonas rurales debido a la migración (Velo,2013).⁴¹

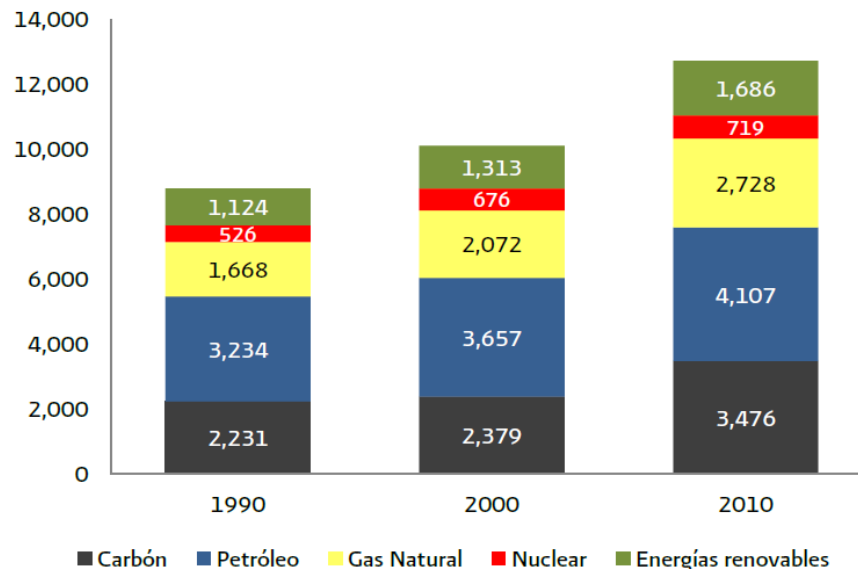
Países como Alemania, Brasil, Dinamarca, España, Canadá y Reino Unido han desarrollado tecnologías que les han permitido utilizar diversas fuentes renovables, fundamentalmente para la generación de energía eléctrica y, aunque su participación en la producción mundial aún es pequeña, estas energías representan una opción para el suministro eléctrico mundial. El análisis de las experiencias internacionales muestra que las energías renovables son un tema prioritario en las agendas energéticas, tanto en los países industrializados como en las economías en desarrollo, gracias a sus efectos positivos en las esferas ambiental, económica y social. Las energías renovables son precursoras del desarrollo y comercialización de nuevas tecnologías, de la creación de empleo, de la conservación de recursos energéticos no renovables, de la reducción de la dependencia de energéticos importados mediante el aprovechamiento energético de recursos locales, y de la reducción de gases de efecto invernadero y de partículas que pueden dañar el ambiente y la salud pública, entre otros (IEA, 2011).¹⁶

Las energías renovables crecieron a una tasa promedio anual de 2.9% de 1990 a 2010, y contribuyeron con 19.4% de la generación de energía eléctrica mundial. El proceso de transición hacia una mayor participación de las energías renovables en el mundo ha sido impulsado por una serie de factores, entre los cuales destacan las preocupaciones de soberanía y de seguridad en el abasto de energía en países importadores; la alta volatilidad de los precios de los combustibles de origen fósil; las preocupaciones por los impactos ambientales de los sistemas energéticos, en particular el cambio

¹⁶ IEA. (2011). World Energy Outlook 2011.

⁴¹ Velo G., E. (2013). *Desafíos del sector de la energía como impulsor del desarrollo humano*. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona: Grupo de Investigación en Cooperación para el Desarrollo Humano.

climático; y la caída en precio de las tecnologías renovables como resultado del desarrollo tecnológico (Anónimo, 2012).¹⁰



Gráfica 1. Distribución de la demanda mundial de energía, 1990-2010 (Millones de toneladas de petróleo equivalente) (Anónimo, 2012).¹⁰

3.3 Proyección Eléctrica en México

México es una economía de la cual se tiene a nivel mundial grandes expectativas de crecimiento, de hecho diversos organismos internacionales pronostican que podría crecer su Producto Interno Bruto (PIB) hasta 4% anual en las próximas décadas, e inclusive la propuesta presidencial del actual gobierno es alcanzar una meta de 6% (García, 2013).¹⁴

Para llevar a cabo la proyección de la generación de electricidad necesaria, se utilizó la ecuación llamada “Identidad de Kaya” (Kaya, 1990)²², la cual ha sido utilizada para el planteamiento de diferentes escenarios referentes a la reducción de emisiones de carbón por parte del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Dicha

¹⁰ Anónimo. (2012). *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*. México: Gobierno Federal. Obtenido de http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PER_2012-2026.pdf

¹⁴ García, E. R. (2013). *Proyección sobre energía eléctrica en México mediante la Identidad de Kaya*. UNAM. México: Economía Informa.

²² Kaya, Y. (1990). *Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios, Paper presented to the IPCC Energy and Industry Subgroup*. Paris: Response Strategies Working Group.

ecuación plantea que el impacto ambiental por emisiones de carbón, es producto de la variación de la poblacional, PIB per cápita, intensidad energética (cantidad de energía requerida para producir un peso de PIB) e intensidad de carbono (García, 2013).¹⁴

$$CO_2 = (P)(g)(e)(c) \quad (1)$$

Donde las emisiones de CO_2 es igual a la población * el PIB/Población * Energía/PIB * CO_2 /Energía.

Entonces si lo que se desea es llegar a ser una Economía Verde, bajo un proyecto de crecimiento económico sustentable y socialmente incluyente, y por lo tanto reducir las emisiones de carbono y eliminar el alto índice de pobreza, no es posible reducir la variable g (PIB per cápita). Al contrario, deberá crecer a lo largo del tiempo. Tampoco se puede restringir el incremento poblacional y mucho menos hoy en día cuando la tasa de población activa es una ventaja competitiva. La forma en que se puede crecer económicamente pero con bajas emisiones, es mediante una mejora significativa en la eficiencia productiva y energética, así como en el uso de tecnologías con mínimo nivel de emisiones (García, 2013).¹⁴

García (2013) adopta la ecuación en base al sector eléctrico de la siguiente manera:

$$Emisiones\ Electricas\ CO_2 = Población * \frac{PIB}{Población} * \frac{Producción\ Eléctrica}{PIB} * \frac{CO_{2eléctrico}}{Producción\ Eléctrica} \quad (2)$$

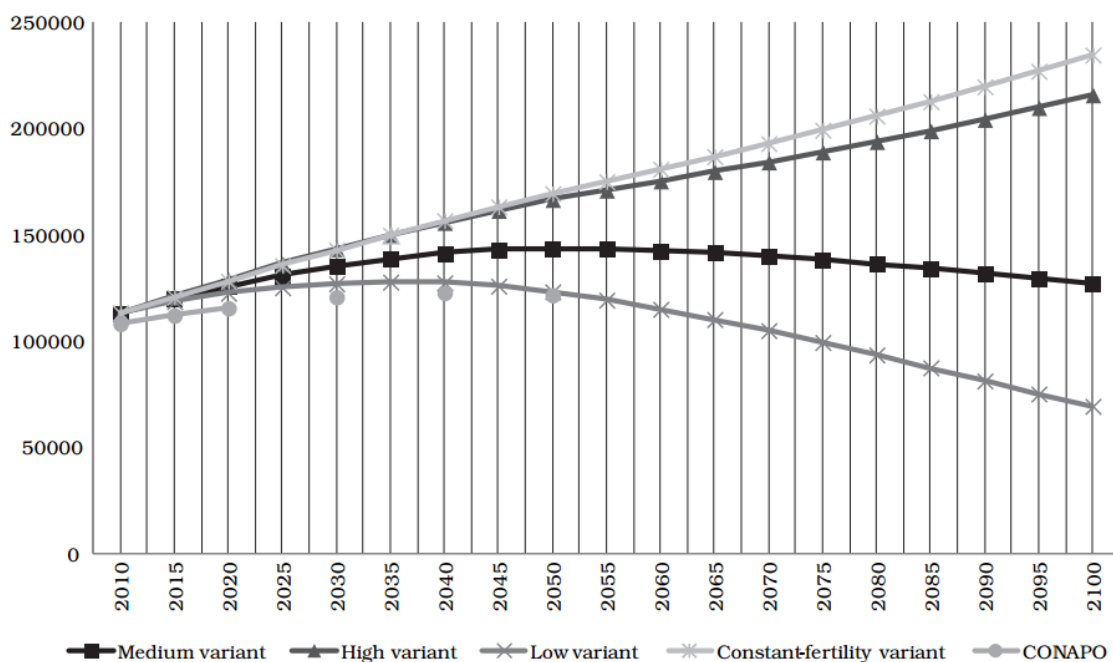
3.3.1 Población

Acorde a datos basados en tendencias de mortalidad y fertilidad obtenidos por el Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2006)¹¹, México tendrá una tendencia de crecimiento hasta la década 2040-2050, para posteriormente decrecer (García, 2013).¹⁴ Menciona que tales datos se corroboran con las tendencias presentadas por la

¹¹ CONAPO. (2006). *Proyecciones la población de México 2005-2050*. Obtenido de http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/proyecciones_estatales/Proy05-50.pdf

¹⁴ García, E. R. (2013). *Proyección sobre energía eléctrica en México mediante la Identidad de Kaya*. UNAM. México: Economía Informa.

Organización de las Naciones Unidas, que predicen al 2100 en una de sus variantes (Low-Variant) un comportamiento similar al obtenido por la CONAPO. Así mismo en dicho estudio, la ONU plantea otros escenarios, obteniendo curvas de comportamiento poblacional, denominadas Medium-Variant, High-Variant y Constant-fertility-Variant.

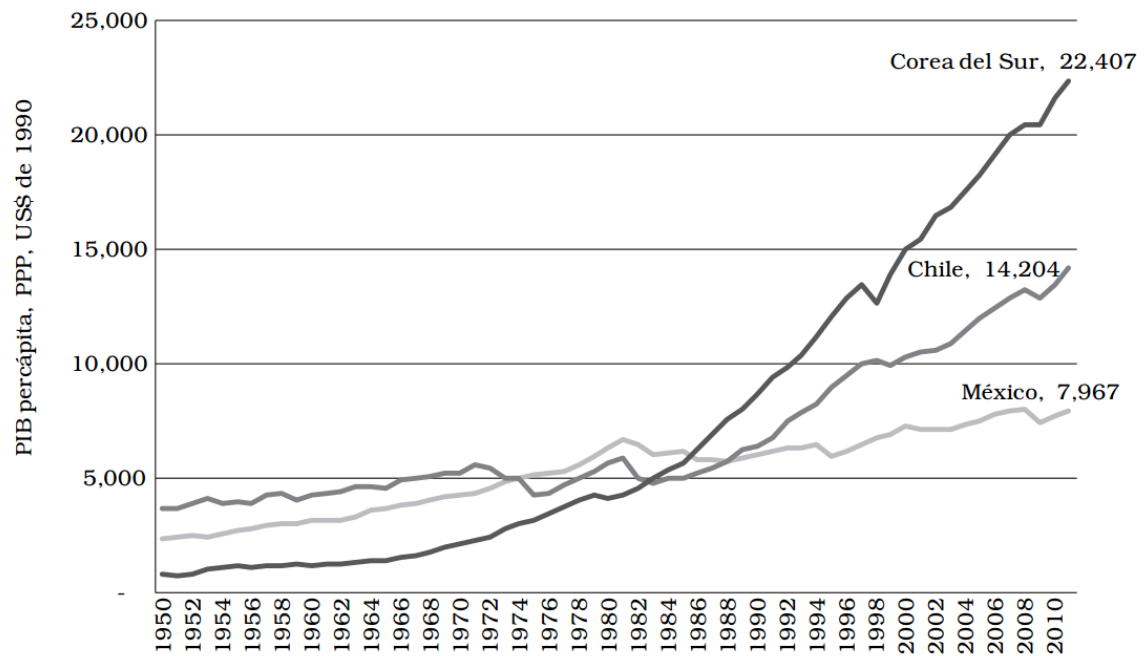


Gráfica 2. Crecimiento de la Población en México, 2010-2100 (García, 2013).¹⁴

3.3.2 PIB per cápita.

Esta variable da una versión de la realidad del país en donde vivimos, dada la tremenda desigualdad que rige nuestra sociedad, es un indicador a nivel global que nos permite un nivel de comparación con otras economías en términos de pobreza, calidad de vida, capacidad de compra, entre otros. A lo largo de su historia moderna, la economía mexicana ha mantenido un crecimiento constante, aunque no en el nivel que la sociedad lo requiere (García, 2013).¹⁴

¹⁴ García, E. R. (2013). *Proyección sobre energía eléctrica en México mediante la Identidad de Kaya*. UNAM. México: Economía Informa.



Gráfica 3. Comparativo Chile-México-Rep. Corea, PIB per cápita, PPP US\$ de 1990 (García, 2013).¹⁴

Tabla 2. PIB estimado bajo tres escenarios de crecimiento (millones de US\$) (García, 2013).¹⁴

Año Objetivo	2050	2100
Crecimiento PIB 2%	\$ 2279618.57	\$ 6135794.04
Crecimiento PIB 4%	\$ 4767849.65	\$ 33883597.7
Crecimiento PIB 6%	\$ 9832830.18	\$ 181122248.83

En la tabla 3 se muestran los valores proyectados de PIB per cápita bajo los anteriores escenarios de crecimiento económico y la población calculada por la ONU-Medium Variant.

Tabla 3. PIB per cápita proyectado (dólares) (García, 2013).¹⁴

Año Objetivo	2050	2100
PIB per cápita (E-2%)	\$ 15838.9	\$ 48282.5
PIB per cápita (E-4%)	\$ 33127.2	\$ 266629.9
PIB per cápita (E-6%)	\$ 68319.1	\$ 1425250.4

¹⁴ García, E. R. (2013). *Proyección sobre energía eléctrica en México mediante la Identidad de Kaya*. UNAM. México: Economía Informa.

3.3.3 Intensidad de carbón (CO_2 eléctrico/ Demanda Eléctrica)

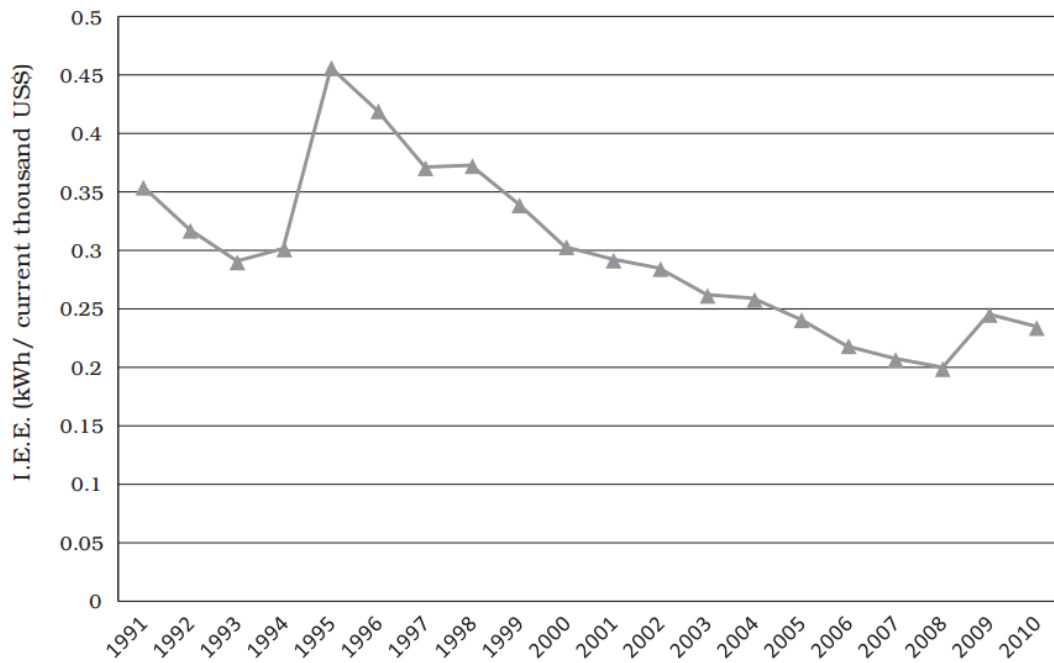
Acorde a datos del Banco Mundial y la SENER, las emisiones totales en México de CO_2 alcanzaron las 407300 kTon en 2011 de las cuales, 29.2% del total fueron generadas por el Sector Eléctrico Nacional (SEN). Cabe aclarar que durante la primer década del siglo XXI el SEN participó en promedio con el 28% de las emisiones totales de CO_2 (García, 2013).¹⁴

Por otro lado, a finales del 2012 entro en vigor la Ley General de Cambio Climático, la cual plantea que al año 2050 se tendrán que abatir en un 50% las emisiones de carbono respecto a niveles del año 2000. Por lo tanto, tomando en cuenta que en el año 2000 las emisiones totales de CO_2 fueron de 383021.8 kTon, entonces se tiene el compromiso al año 2050 de abatir las emisiones a niveles de 53623.1 kTon de CO_2 procedentes sólo de la generación de energía eléctrica (García, 2013).¹⁴

3.3.4 Demanda eléctrica/ PIB (intensidad eléctrica)

La demanda eléctrica nacional ha crecido a una tasa acumulada de 5.8% anual desde 1971 al 2011, de acuerdo a datos del Banco Mundial. En este nuevo siglo la tasa de crecimiento fue de 3.57% en el período 2001-2011 (García, 2013).¹⁴

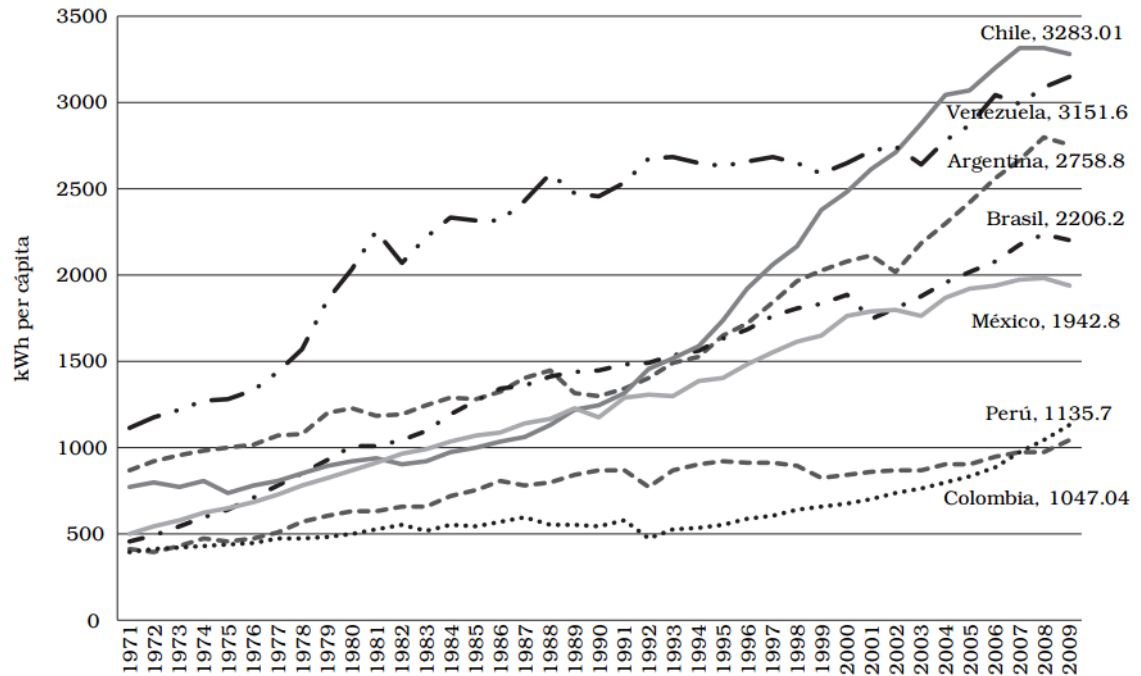
¹⁴ García, E. R. (2013). *Proyección sobre energía eléctrica en México mediante la Identidad de Kaya*. UNAM. México: Economía Informa.



Gráfica 4. Intensidad Eléctrica (kWh-año/PIB, miles de dólares corrientes) (García, 2013).¹⁴

García (2013) evalúa tres comportamientos de intensidad eléctrica (IE) en cada uno de los escenarios de crecimiento económico. El primero es mantener constante la IE a valores de 2011 al 2050 y 2100 (0.24 GWh/millones de dólares corrientes).

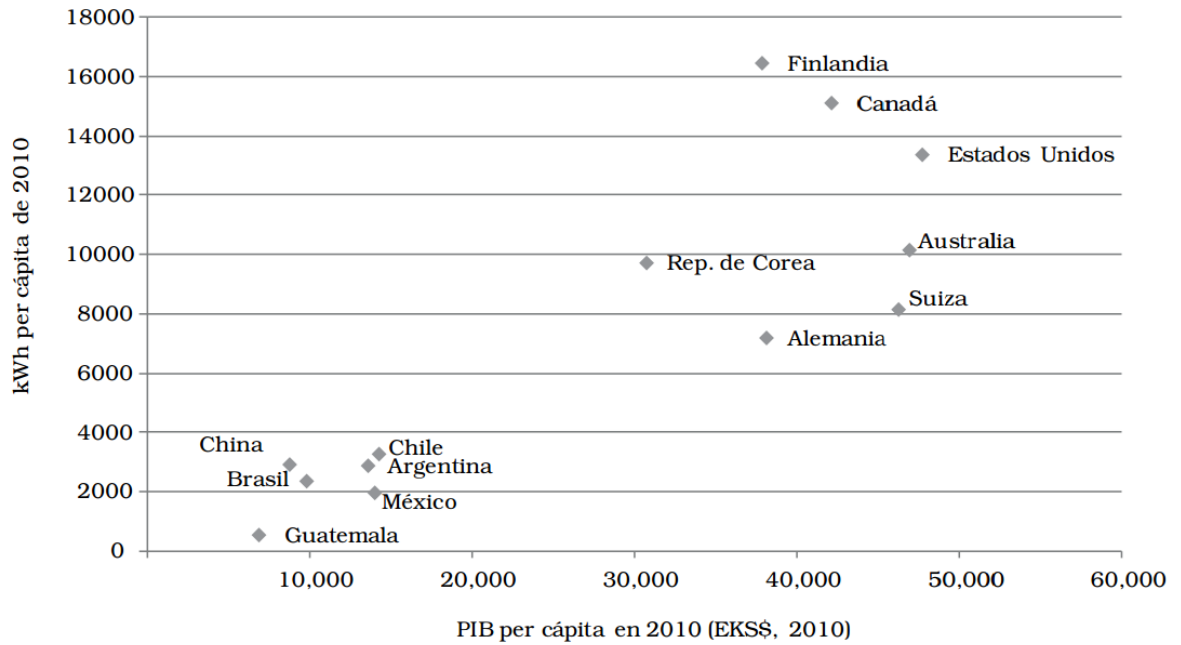
¹⁴ García, E. R. (2013). *Proyección sobre energía eléctrica en México mediante la Identidad de Kaya*. UNAM. México: Economía Informa.



Gráfica 5. Consumo eléctrico per cápita, economías seleccionadas en América Latina (1971-2009) (García, 2013).¹⁴

El segundo comportamiento, fue el de incrementar 25% la IE como diferencial en el valor absoluto de 2010 entre Suiza y México al 2050 y mantenerlo constante hasta el 2100 (0.3 GWh/millones de dólares corrientes) (García, 2013).¹⁴

¹⁴ García, E. R. (2013). *Proyección sobre energía eléctrica en México mediante la Identidad de Kaya*. UNAM. México: Economía Informa.



Gráfica 6. Comparación kWh per cápita en 2010, diversas economías (García, 2013).¹⁴

Como resultado García (2013) genera un escenario para los años 2050 y 2100 de la Intensidad Eléctrica, con forme al crecimiento del PIB en México:

Datos:

Población: 113735000 personas.

PIB: \$1074127.1 millones de dólares, corrientes.

Demanda eléctrica: 258128 GWh-año.

Tabla 4. Demanda eléctrica (GWh-año) requerida para el año 2050 (García, 2013).¹⁴

IE (GWh-año/ millones de dólares corrientes)	0.18	0.24	0.3
Crecimiento 2% PIB	410330.00	547100.00	683900.00
Crecimiento 4% PIB	858200.00	1144300.00	1430400.00
Crecimiento 6% PIB	1770000.00	2360000.00	2950000.00

¹⁴ García, E. R. (2013). *Proyección sobre energía eléctrica en México mediante la Identidad de Kaya*. UNAM. México: Economía Informa.

Tabla 5. Demanda eléctrica (GWh-año) requerida para el año 2100 (García, 2013).¹⁴

IE (GWh-año/ millones de dólares corrientes)	0.18	0.24	0.3
Crecimiento 2% PIB	1104400.00	1472500.00	1840600.00
Crecimiento 4% PIB	6099000.00	8132000.00	10165000.00
Crecimiento 6% PIB	32600000.00	43470000.00	54339000.00

3.4 Ventas internas de energía eléctrica por región en México

En México, se identifican cinco regiones estadísticas para el análisis del mercado eléctrico nacional. Es importante señalar que CFE divide al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) en nueve áreas de acuerdo a su infraestructura y operación. Sin embargo, para efectos de análisis, se hará referencia a las cinco regiones estadísticas (Anónimo, 2008).⁵



Figura 1. Regionalización estadística del mercado nacional de energía eléctrica (Anónimo, 2008).⁵

⁵ Anónimo. (2008). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017*. Secretaría de Energía. México: SENER.

¹⁴ García, E. R. (2013). *Proyección sobre energía eléctrica en México mediante la Identidad de Kaya*. UNAM. México: Economía Informa.

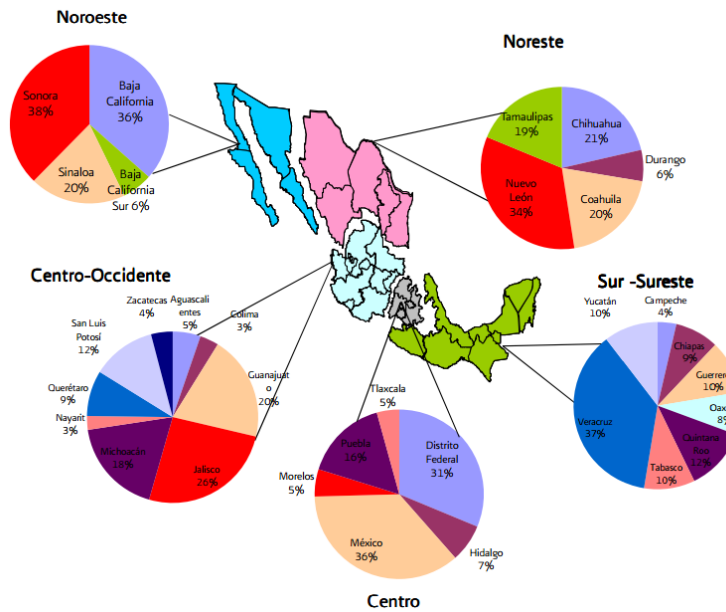


Figura 2. Estructura de las ventas internas (GWh) por entidad federativa y región estadística, 2007 (participación porcentual promedio) (Anónimo, 2008).⁵

Tabla 6. Ventas totales del servicio público por región, 2007-2017 (GWh) (Anónimo, 2008).⁵

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	tmca (%)
Total Nacional	180469.00	185817.00	189655.00	195400.00	201325.00	209272.00	215015.00	223658.00	232633.00	241931.00	251431.00	3.40
Noroeste	25145.00	26215.00	27501.00	28616.00	29845.00	31129.00	30955.00	32064.00	33148.00	34212.00	35252.00	3.40
Noreste	43644.00	45301.00	46864.00	49116.00	51476.00	54449.00	57118.00	59858.00	62731.00	65685.00	68746.00	4.60
Centro-Occidente	41708.00	42843.00	43426.00	44564.00	45732.00	47310.00	48253.00	50310.00	52439.00	54638.00	56926.00	3.20
Centro	43350.00	43653.00	43507.00	43805.00	44090.00	44903.00	45843.00	47104.00	48501.00	50018.00	51585.00	1.80
Sur-Sureste	26512.00	27684.00	28231.00	29156.00	30026.00	31320.00	32677.00	34147.00	35633.00	37189.00	38727.00	3.90
Pequeños Sistemas	110.00	120.00	127.00	142.00	155.00	160.00	169.00	175.00	181.00	188.00	195.00	5.90

tmca: tasa media de crecimiento anual.

⁵ Anónimo. (2008). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017*. Secretaría de Energía. México: SENER.

Tabla 7. Demanda bruta estimada por tipo de carga y área de
Demanda bruta estimada por tipo de carga y área de control, 2007-
2017 (MW) (Anónimo, 2008).⁵

												tmca (%)	
Área de Control		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2007-2017
Norte	P	3130.00	3328.00	3474.00	3620.00	3738.00	3892.00	3995.00	4122.00	4280.00	4418.00	4556.00	3.80
	M	2216.00	2279.00	2357.00	2465.00	2568.00	2674.00	2745.00	2832.00	2941.00	3035.00	3130.00	3.50
	B	1894.00	2014.00	2102.00	2191.00	2262.00	2355.00	2417.00	2494.00	2590.00	2673.00	2757.00	3.80
Noreste	P	6586.00	6780.00	6910.00	7062.00	7363.00	7749.00	8090.00	8465.00	8876.00	9313.00	9718.00	4.00
	M	4688.00	4833.00	4947.00	5013.00	5095.00	5363.00	5599.00	5858.00	6144.00	6445.00	6726.00	3.70
	B	4184.00	4307.00	4390.00	4486.00	4678.00	4923.00	5139.00	5378.00	5639.00	5916.00	6174.00	4.00
Occidental	P	7437.00	8069.00	8180.00	8351.00	8621.00	8923.00	9292.00	9694.00	10152.00	10568.00	11008.00	4.00
	M	591.00	6043.00	6214.00	6457.00	6707.00	6942.00	7229.00	7542.00	7899.00	8222.00	8564.00	3.80
	B	5016.00	5442.00	5517.00	5632.00	5815.00	6018.00	6267.00	6538.00	6847.00	7128.00	7425.00	4.00
Central	P	8606.00	8700.00	8837.00	8974.00	9090.00	9210.00	9344.00	9564.00	9806.00	10076.00	10364.00	1.90
	M	5931.00	5981.00	6023.00	6058.00	6118.00	6198.00	6287.00	6433.00	6593.00	6773.00	6964.00	1.60
	B	4505.00	4554.00	4626.00	4698.00	4758.00	4821.00	4891.00	5006.00	5133.00	5275.00	5425.00	1.90
Oriental	P	5786.00	6181.00	6357.00	6548.00	6750.00	6971.00	7203.00	7461.00	7731.00	8026.00	8317.00	3.70
	M	4375.00	4512.00	4603.00	4769.00	4959.00	5121.00	5292.00	5482.00	5680.00	5897.00	6110.00	3.40
	B	3842.00	4104.00	4221.00	4348.00	4482.00	4629.00	4783.00	4954.00	5134.00	5329.00	5523.00	3.70
Peninsular	P	1275.00	1375.00	1464.00	1543.00	1628.00	1720.00	1813.00	1907.00	2002.00	2102.00	2203.00	5.60
	M	953.00	1009.00	1064.00	1112.00	1178.00	1244.00	1311.00	1380.00	1448.00	1521.00	1593.00	5.30
	B	763.00	823.00	876.00	923.00	974.00	1029.00	1085.00	1141.00	1198.00	1258.00	1318.00	5.60
Noroeste	P	3059.00	3156.00	3289.00	3404.00	3543.00	3694.00	3913.00	4009.00	4150.00	4275.00	4380.00	3.70
	M	1897.00	1937.00	2007.00	2086.00	2206.00	2300.00	2436.00	2496.00	2584.00	2662.00	2727.00	3.70
	B	1602.00	1653.00	1722.00	1783.00	1855.00	1935.00	2049.00	2100.00	2173.00	2239.00	2294.00	3.70
Baja California	P	2208.00	2208.00	2345.00	2466.00	2557.00	2646.00	2733.00	2828.00	2918.00	3007.00	3106.00	3.50
	M	1287.00	1348.00	1418.00	1499.00	1556.00	1611.00	1663.00	1721.00	1776.00	1830.00	1890.00	3.90
	B	1051.00	1051.00	1116.00	1174.00	1217.00	1259.00	1301.00	1346.00	1386.00	1431.00	1478.00	3.50
Baja California Sur	P	307.00	344.00	368.00	389.00	411.00	436.00	462.00	486.00	516.00	546.00	575.00	6.50
	M	197.00	213.00	232.00	247.00	261.00	276.00	293.00	308.00	327.00	346.00	364.00	6.40
	B	161.00	180.00	192.00	203.00	215.00	228.00	242.00	254.00	270.00	286.00	301.00	6.50
Pequeños Sistemas	P	28.00	30.00	32.00	35.00	38.00	40.00	41.00	42.00	44.00	45.00	47.00	5.30
	M	15.00	16.00	17.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00	25.00	26.00	5.80
	B	12.00	13.00	14.00	15.00	17.00	17.00	18.00	18.00	19.00	20.00	20.00	5.30

P= Carga Máxima M= Carga Media B= Carga Base
tmca: tasa de crecimiento media anual

3.4.1 Centro-Occidente

En esta región durante el año 2007 las ventas internas de energía eléctrica crecieron (con respecto al año 2006) 3.6%. Jalisco, Guanajuato y Michoacán en conjunto representaron el 63.8% de las ventas regionales de electricidad y los dos primeros, registran tasas de crecimiento mayores a 4.0% durante los últimos 10 años. No obstante su baja participación en las ventas regionales, Nayarit registró un crecimiento de 6.5% durante el periodo 1997-2007 y de 5.7% durante el último año. El Centro-Occidente es otra de las regiones donde existen cargas importantes correspondientes a la variedad de industrias intensivas en zonas como Guadalajara,

⁵ Anónimo. (2008). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017*. Secretaría de Energía. México: SENER.

Lázaro Cárdenas, San Luis Potosí, Querétaro y León (Anónimo, 2008)⁵.

En el Centro-Occidente las principales adiciones de capacidad corresponden al inicio de operación de la central de ciclo combinado Tamazunchale (bajo la modalidad PIE), con 1135 MW en San Luis Potosí y la central hidroeléctrica El Cajón, con 750 MW en Nayarit. A éstas se agregan diversas modificaciones de capacidad menor en algunas hidroeléctricas del estado de Michoacán. Por otra parte, derivado de la conclusión de un contrato, se retiró del servicio público la capacidad correspondiente a 65 MW que venía suministrando la central de ciclo combinado Bajío (PIE). Considerando estas adiciones, modificaciones y retiro de capacidad, la variación de esta región respecto a 2006 fue de 1849 MW, con lo cual la capacidad total instalada hacia el final de 2007 se ubicó en 8553 MW (Anónimo, 2008).⁵

3.4.2 Estructura tarifaria y política de subsidios

Las tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica se clasifican de acuerdo con el uso y nivel de tensión en:

- Domésticas: 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F y Doméstica de Alto Consumo (DAC)
- Servicios públicos: 5, 5-A y 6
- Agrícola: 9, 9M, 9-CU y 9-N
- Temporal: 7
- Generales en baja tensión: 2 y 3
- Generales en media tensión: O-M, H-M y H-MC
- Generales en alta tensión: HS, HS-L, HT y HT-L
- Respaldo en media tensión: HM-R, HM-RF y HM-RM

⁵ Anónimo. (2008). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017*. Secretaría de Energía. México: SENER.

- Respaldo en alta tensión: HS-R, HS-RF, HS-RM, HT-R, HT-RF y HT-RM
- Servicio interrumpible: I-15 e I-30

(Anónimo, 2008).⁵

3.5 Normas Oficiales Mexicanas del sector eléctrico

Las normas oficiales mexicanas en materia eléctrica son:

NOM-001-SEDE-1999 Instalaciones Eléctricas (utilización). Tiene como objetivo establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- Choques eléctricos,
- Efectos térmicos,
- Sobrecorriente,
- Corriente de falla
- Sobretensión.

(Anónimo, 2008).⁵

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta norma, garantiza el uso seguro de la energía eléctrica.

NOM-002-SEDE-1999. Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución, que precisamente establece los requisitos de seguridad y eficiencia que deben de cumplir los transformadores de distribución (Anónimo, 2008).⁵

3.5.1 Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en materia ecológica aplicables a la industria eléctrica

Las Normas Oficiales Mexicanas en materia ecológica que aplican al sector eléctrico están referidas al control de niveles

⁵ Anónimo. (2008). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017*. Secretaría de Energía. México: SENER.

máximos permisibles de emisión a la atmósfera (humos, partículas suspendidas, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno). Además, establecen la regulación por zona y por capacidad del equipo de combustión en fuentes fijas que utilizan combustibles sólidos, líquidos o gaseosos (Anónimo, 2008).⁵

Las principales NOM's que determinan la normatividad ecológica en la industria eléctrica son:

NOM-085-SEMARNAT-1994. Contaminación atmosférica-Fuentes fijas. Para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humo, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisible de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión (Anónimo, 2008).⁵

NOM-001-SEMARNAT-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y cuerpos residuales (Anónimo, 2008).⁵

NOM-113-SEMARNAT-1998. Establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de subestaciones eléctricas de potencia o de distribución que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios turísticos (Anónimo, 2008)⁵

NOM-114-SEMARNAT-1998. Establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de líneas de transmisión y de subtransmisión eléctrica, que se pretendan ubicar en áreas urbanas,

⁵ Anónimo. (2008). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017*. Secretaría de Energía. México: SENER.

suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios turísticos (Anónimo, 2008).⁵

3.5.2 Marco Regulatorio Básico para las Energías Renovables.

Para el éxito de una política energética de largo plazo, que prevea el desarrollo de energías renovables, es indispensable contar con un marco regulatorio en materia de energía actualizado, que estimule la inversión en nuevas tecnologías y que garantice el desarrollo del país (Anónimo, 2012).¹⁰

⁵ Anónimo. (2008). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017*. Secretaría de Energía. México: SENER.

¹⁰ Anónimo. (2012). *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*. México: Gobierno Federal. Obtenido de http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PER_2012-2026.pdf

Esta ley tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para la generación de electricidad "con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética". (Secretaría de Energía, 2012)

ARTÍCULO 1.- La Comisión Reguladora de Energía, órgano desconcentrado de la Secretaría de Energía, gozará de autonomía técnica, operativa, de gestión y de decisión en los términos de esta Ley. (Unión, 2008)

ARTÍCULO 2.- La Comisión tendrá por objeto promover el desarrollo eficiente del suministro y venta de energía eléctrica a los usuarios del servicio público; la generación, exportación e importación de energía eléctrica, que realicen los particulares; la adquisición de energía eléctrica que se destine al servicio público; los servicios de conducción, transformación y entrega de energía eléctrica; las ventas y transportación de primera mano del gas, del combustible y de los petroquímicos básicos. (Unión, 2008)

ARTÍCULO 3.- Para el cumplimiento de su objeto, la Comisión tendrá las atribuciones de participar en la determinación de las tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica; verificar que en la prestación del servicio público de energía eléctrica, se adquiera aquella que resulte de menor costo para las entidades que tengan a su cargo la prestación del servicio público y ofrezca, además, óptima estabilidad, calidad y seguridad para el sistema eléctrico nacional. (Unión, 2008)

Esta Ley está dirigida a coadyuvar al desarrollo rural del país, estableciendo acciones de impulso a la productividad y competitividad, como medidas de apoyo tendientes a reducir las asimetrías con respecto a otros países, la aplicación de esta Ley corresponde a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Son sujetos de esta Ley los mismos previstos en el artículo 2o. de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, es decir los ejidos, comunidades y las organizaciones o asociaciones de carácter nacional, estatal, regional, distrital, municipal o comunitario de productores del medio rural. (Martínez)

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.

Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

Ley de la Comisión Reguladora de Energía.

Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

Ley de Energía para el Campo

ISO 5001

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos contiene en sus artículos 4º, 27 y 28, varios preceptos en los que el uso y aprovechamiento de las energías renovables y no renovables se sustentan. (Secretaría de Energía, 2012)

Llevar a cabo la planeación energética a mediano y largo plazos, así como fijar las directrices económicas y sociales para el sector energético paraestatal. (Secretaría de Energía, 2012)

Establece que corresponde a la nación en exclusiva la generación, conducción, transformación, distribución, y abastecimiento de energía eléctrica que tenga por objeto la prestación del servicio público, tomando en cuenta que la propia Constitución confiere a la electricidad la calidad de área estratégica, y establece que no constituirán monopolio las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en dicha área. (Paullada)

Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn), establece los requisitos que debe tener un sistema de gestión de la energía en una organización para sistematizar la mejora de su desempeño energético, el aumento de su eficiencia energética y la reducción de los impactos ambientales. Así como el incremento de sus ventajas competitivas dentro de los mercados en los que participan, todo esto sin sacrificio de la productividad. (ISOTools Excellence, 2011)

3.6 Biomimicry.

Biomimicry (de Dios, que significa vida, y mimesis, que significa imitar) es una disciplina que estudia las mejores ideas de la naturaleza y luego imita estos diseños y procesos para resolver problemas humanos. Estudiar una hoja para inventar una célula solar es un buen ejemplo. Se piensa en ello como "innovación inspirada por la naturaleza" (Anónimo, 2007).⁴

La idea central es que la naturaleza, imaginativa por necesidad, ya ha resuelto muchos de los problemas que estamos lidiando. Los animales, plantas y microbios son los ingenieros consumados. Han descubierto lo que funciona, lo que es apropiado y lo más importante, lo que dura aquí en la Tierra. Esta es la verdadera noticia de biomimetismo: Después de 3.8 mil millones de años de investigación y desarrollo, los fracasos son los fósiles, y lo que nos rodea es el secreto de la supervivencia (Anónimo, 2007).⁴

3.6.1 La naturaleza como modelo:

Biomimicry es la ciencia que estudia los modelos de la naturaleza y luego emula estas formas, procesos, sistemas y estrategias para resolver los problemas humanos - sostenibles. El BiomimicryGuild y sus colaboradores han desarrollado una herramienta de diseño práctico, llamado Espiral Diseño Biomimicry, para el uso de la naturaleza como modelo (Anónimo, 2007).⁴

3.6.2 La naturaleza como medida:

Biomimicry utiliza un estándar ecológico para juzgar la sostenibilidad de nuestras innovaciones. Después de 3.8 mil millones años de evolución, la naturaleza ha aprendido lo que funciona y lo que dura. La naturaleza como medida es capturada en

⁴ Anónimo. (2007). *What is Biomimicry?* (T. B. Institute, Editor) Recuperado el 19 de Mayo de 2014, de <http://www.biomimicryinstitute.org/about-us/what-is-biomimicry.html>

principios de vida y está incrustada en el paso Evalúe de la espiral de diseño Biomimicry (Anónimo, 2007).⁴

3.6.3 La naturaleza como mentor:

Biomimicry es una forma de ver y valorar la naturaleza. Se introduce una era basada no en lo que podemos extraer de la naturaleza, si no en lo que podemos aprender de ella (Anónimo, 2007).⁴

3.7 Arquitectura Sostenible.

La relación entre arte y ciencia es cada vez mayor, ambos tratan de mirar hacia los orígenes, hacia las formas primitivas escondidas en minerales, animales y todo tipo de fuentes naturales. La evolución ha elegido las mejores geometrías estructurales para hacer plantas y huesos eficientes y fuertes (García, Cardenal, & Allende, 2005).¹³

“Charles Darwin ya había demostrado en el año 1859 con su libro *The Origin of Species* que la vida es una constante lucha de supervivencia en la que al final solo están las formas que consiguen adaptarse mejor al ambiente. Los edificios son estructuras inertes a partir de diferentes elementos constructivos que forman espacios organizados donde la gente desarrolla sus actividades. Por el contrario, los árboles son seres vivos que nacen, crecen, se reproducen y finalmente mueren. Pero los dos tienen la característica de una ubicación física, por lo que necesitan optimizar el uso de las fuentes de energía mediante el desarrollo de sistemas morfológicos y formales. La lucha por la luz o el espacio y la protección contra agentes externos constituyen algunos de los objetivos principales para las diferentes formas de adaptación desde

⁴ Anónimo. (2007). *What is Biomimicry?* (T. B. Institute, Editor) Recuperado el 19 de Mayo de 2014, de <http://www.biomimicryinstitute.org/about-us/what-is-biomimicry.html>

¹³ García, C. D., Cardenal, J., & Allende, A. (2005). *Biomímesis y la economía de la forma. Un camino hacia la arquitectura sostenible y el urbanismo ecológico*. Madrid: alfa301.

un punto estático (García, Cardenal, & Allende, 2005).¹³

3.7.1 La Naturaleza como fuente de inspiración.

Dada la necesidad actual de respetar el ambiente para reinsertar los sistemas humanos dentro de los sistemas naturales y ser una especie amigable para el planeta, la observación e imitación de la naturaleza es uno de los caminos que ingenieros y arquitectos están recorriendo. La biomimesis o biomimetismo consiste en la observación de los seres vivos, que llevan más de 500 millones de años evolucionando en equilibrio con su medio natural sin comprometer la continuidad general del sistema (Durán, 2008).¹²

La idea central es que la naturaleza, imaginativa por necesidad, ya ha resuelto muchos de los problemas que estamos intentando resolver, como la producción de energía limpia, el control de la temperatura, química no tóxica, etc. Buscando así soluciones sostenibles mediante la emulación de patrones probados por la naturaleza a lo largo del tiempo (Riechmann, 2003).³²

El encuentro de diferentes disciplinas como la biología, la ingeniería y la arquitectura permite integrar los sistemas naturales a nuevos procesos tecnológicos creando el potencial para nuevas acciones y vías de trabajo. El biomimetismo es esencialmente un campo de investigación interdisciplinar, es la colaboración entre botánicos, físicos, matemáticos, ingenieros y zoólogos; donde la rígida división entre disciplinas <<puras>>cede lugar a un área de investigación que apunta a generar tecnología inteligente (smarttechnologies), utilizando materiales o procesos que sean de alguna manera sensibles al ambiente (Weinstock, 1998).⁴³

¹² Durán, L. J. (2008). *Zoomorfismo y bio-arquitectura. Entre la analogía formal y la aplicación de los principios de la naturaleza*. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

¹³ García, C. D., Cardenal, J., & Allende, A. (2005). *Biomimesis y la economía de la forma. Un camino hacia la arquitectura sostenible y el urbanismo ecológico*. Madrid: alfa301.

³² Riechmann, J. (2003). Biomimesis. *El Ecologista*(36).

⁴³ Weinstock, M. (1998). *TS: artefacts and instruments: material forms and formulation of thoughts*. London: Architectural Association.

Por medio del proceso evolutivo, la naturaleza ha desarrollado mecanismos optimizados con un menor consumo de energía, seleccionando aquellos que funcionan y/o duran en el contexto ambiental actual. Sus mecanismos siguen principios como el ahorro energético, el reciclaje, la optimización de formas, la economía de materiales, la adaptación al medio o la sostenibilidad (Durán, 2008).¹² En general estos modelos son: Funcionalidad, Optimización y Eficiencia.

Lewis Mumford (1990) describe la arquitectura y el urbanismo biotécnico del futuro, cuyas características principales serían la flexibilidad y la abertura al cambio, ofreciendo así la posibilidad de crecer. En este caso la biotécnica es propuesta como solución a problemas, como la destrucción de ecosistemas, la polución o el suministro de energía. La imagen es de simplificar y liberar la vida urbana gracias a una tecnología biológica inspirada en modelo de economía de medios, en mecanismos fisiológicos y en el ingenio de la estructura de los seres vivos (Stedman, 1982).³⁶

3.7.2 Una percepción del tiempo.

Si hacemos una estimación de la edad de la tierra de aproximadamente 5 billones de años y la evaluamos como si fuera un solo año, vemos que la presencia humana asciende ente 3 y 5 millones de años, equivalentes a pocos menos de 2 horas. Mientras el desarrollo cultural resulta ser de 13 segundos, igual a 10000 años atrás (Tsui, 1999).³⁹

Lo que dicha comparación demuestra, es que el conocimiento humano es muy reciente en relación a la evolución de la naturaleza. La naturaleza en su educación, ha logrado originar soluciones efectivas en respuesta a la demanda de su entorno.

¹² Durán, L. J. (2008). *Zoomorfismo y bio-arquitectura. Entre la analogía formal y la aplicación de los principios de la naturaleza*. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

³⁶ Stedman, P. (1982). *Arquitectura y Naturaleza. La analogía biológica en el diseño*. Madrid: Blumes Ediciones.

³⁹ Tsui, E. (1999). *Evolutionary architecture: nature as a basis for design*. New York: John Wiley.

3.7.3 El tamaño

Hay que considerar que el hombre es de los animales más grandes, por lo que el factor escala incide entre el ejemplo natural y la dimensión humana. Además una construcción es un sistema complejo que afecta múltiples funciones y necesidades (Rossi, 2009).³³

El proceso evolutivo se interpreta como la evaluación de un sistema compartido entre mecanismos naturales, como tecnología humana en el mismo planeta a lo largo de un periodo de tiempo, y están sujetos a las mismas condiciones de presión, gravedad, temperatura, viento, etc, entonces se considera válida la hipótesis de tomar las soluciones presentes en la naturaleza como fuente de estudio para responder a nuestras necesidades, tanto en el ámbito de la arquitectura como en otras áreas. Vemos que un diseño eficaz en pequeña escala puede no funcionar a gran escala y viceversa (Rossi, 2009).³³ Esto fue observado por Galileo Galilei en la ley de los cuadrados y los cubos, en la cual se considera la relación existente entre la magnitud de la longitud, el área y el volumen. Evaluando la variación de escala de la longitud vemos que:

- El área aumenta según el cuadrado de la longitud;
- El volumen aumenta según el cubo de la longitud de la arista.

Esta regla propia del cubo es aplicable a cualquier objeto similar y pone en evidencia que cuando las cosas aumentan de tamaño, el volumen crece más drásticamente que el área. Por consiguiente, ser grande significa tener gran interior respecto al exterior; y ser pequeño significa tener gran exterior respecto al interior (Vogel, 2000).⁴²

Los organismos pequeños tienen mayor predisposición a tomar

³³ Rossi, L. (2009). *Arquitectura y Biomimesis, Análisis del tejido del cactus para modelos arquitectónicos inspirados en la naturaleza*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.

⁴² Vogel, S. (2000). *Anca y palanca. Mecánica natural y mecánica humana*. Barcelona: Tusquets.

una forma esférica u otra simple, porque están más sujetos que nosotros a fenómenos debidos a la tensión superficial. Mientras que los animales terrestres grandes, de mayor volumen y peso, sienten más la fuerza de gravedad (Thompson, 1969).³⁷

Aspectos morfológicos.

Análogamente el diseño de los sistemas naturales se interpreta como el resultado de las fuerzas a las cuales un organismo o individuo está sujeto. Estas se representan por el factor que determina una forma dada y cualquier estructura está determinada por la interacción fundamental de dos fuerzas:

1. Las fuerzas intrínsecas que gobiernan los factores inherentes a cada partícula del sistema estructural, o sea las propiedades internas de un sistema que rigen posibles acuerdos y potenciales de rendimiento;

2. Las fuerzas extrínsecas que representan las influencias externas sobre el individuo y en gran medida dependen del ambiente en el cual se encuentra el organismo.

Cualquier forma en la naturaleza está determinada por la interacción de estos dos grupos de fuerzas. Igualmente esta división no resulta siempre clara. En una determinada escala una fuerza se puede considerar intrínseca, pero en un contexto más amplio la misma fuerza se puede considerar extrínseca (Pearce, 1978).²⁸

3.7.4 Estructuras en la naturaleza

Las estructuras que se encuentran en la Tierra se distinguen en dos grandes grupos: uno referente a las estructuras de la naturaleza, y otro referente a las estructuras hechas por los seres vivos. En ambos casos se modifica el hábitat para responder a determinadas necesidades (Rossi, 2009).³³

²⁸ Pearce, P. (1978). *Structure in nature: is as strategy for design*. London: The MIP Press Cambridge.

³³ Rossi, L. (2009). *Arquitectura y Biomimesis, Análisis del tejido del cactus para modelos arquitectónicos inspirados en la naturaleza*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya. 41

³⁷ Thompson, D. W. (1969). *Crescita e Forma. La geometria della natura*. Torino: Boringhieri.

Las estructuras hechas por los animales utilizan los principios de economía en el uso de materiales locales asequibles, reciclaje, optimización de formas o adaptación al medio con el consecuente ahorro energético. Además son estructuras realizadas con medios propios por lo cual las mayores diferencias son entre un ciclo de vida cerrado, y uno abierto como en el caso de las estructuras hechas por el hombre. Además la falta de uso de maquinaria para construcción pone en evidencia la consecuente ausencia del uso de petróleo y una importante reducción del consumo de agua (Rossi, 2009).³³

Las estructuras de la naturaleza se dividen en inanimadas y animadas, éstas últimas, a su vez, se dividen en las del mundo animal y las del mundo vegetal. Cada una presenta desarrollos estructurales diferentes. En particular las estructuras inanimadas o del mundo mineral, entre las cuales se encuentra el agua, las piedras o los copos de nieve, se caracterizan por ser materia orgánica e inorgánica, y según la escala de análisis varían las formas sobre las cuales actúan las fuerzas físicas, tanto externas como internas (Rossi, 2009).³³

Las estructuras animadas se caracterizan por estar formadas de tejidos vivos y orgánicos constituidos por un conjunto de células organizadas y más o menos especializadas. Según el tamaño del organismo corresponderá un mayor o menor desarrollo de tejidos con funciones específicas y por consecuencia variará la complejidad estructural correspondiente. La observación de un animal cambia al mirar su tejido óseo, el comportamiento mecánico del esqueleto y los tendones o su comportamiento general en el medio, como la aerodinámica para las aves o la fluidodinámica para los peces (Rossi, 2009).³³

³³ Rossi, L. (2009). *Arquitectura y Biomimesis, Análisis del tejido del cactus para modelos arquitectónicos inspirados en la naturaleza*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.

3.7.5 Definición física del ambiente.

En el entorno ambiental del ser humano intervienen fenómenos muy diversos, como son: las radiaciones electromagnéticas, las cualidades y el estado energético del aire, las vibraciones y los sonidos, etc. Todas estas manifestaciones energéticas pueden ser estudiadas y evaluadas con criterios similares, a pesar de que el desarrollo teórico haga que, en la física clásica, pertenezcan a ramas distintas, con frecuentes incoherencias de lenguaje entre ellas (Serra & Coch , 1995).³⁵

³⁵ Serra, F. R., & Coch , R. H. (1995). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL.

3.8 Gimnasios Verdes.

En términos generales, se trata de instalaciones deportivas que en su construcción y diseño emplean materiales de bajo impacto ambiental u orgánico. Además, en sus acabados, detalles y equipamiento suele recurrirse a componentes innovadores hechos con materiales post consumo, como pisos de goma, mostradores y gabinetes elaborados con materia reciclada (Torres, 2011).³⁸

Es decir, son estructuras eficientes en cuanto al uso de recursos, su impacto en el ambiente y la comunidad que los rodea son mínimos, además de proporcionar un óptimo entorno interior para el beneficio de sus ocupantes (Torres, 2011).³⁸

Pudiendo tener como objetivo final la certificación en Energía y Diseño ambiental (LEED, por sus siglas en Ingles), que lo otorga Green BuildingConcil. Este certificado significa que el proyecto es estratégico en construcción y diseño, promueve ambientes sanos, productivos, eficientes y armónicos.

3.9 Energía Cinética

La energía cinética es la energía que un objeto posee debido a su movimiento. La energía cinética depende de la masa y la velocidad del objeto según la ecuación (Sepúlveda, 2010).³⁴

$$E = (1/2)mv^2 \quad (3)$$

Donde m es la masa del objeto y v^2 la velocidad del mismo elevada al cuadrado. El valor de E también puede derivarse de la ecuación

$$E = (ma)d \quad (4)$$

Donde a es la aceleración de la masa, m y d es la distancia a lo

³⁴ Sepúlveda, E. M. (2010). *Física en Línea*. Recuperado el 27 de Mayo de 2014, de Energía Cinética: <https://sites.google.com/site/timesolar/energia/energiacinetica>

³⁸ Torres, N. (Noviembre de 2011). Gimnasios Verdes: al cuidado del medio ambiente. *Clubes & Gimnasios*, 39, 9-13. Recuperado el 2 de Diciembre de 2014, de <http://cygmx.com.mx/revistas/PDF/39.pdf>

largo de la cual se acelera. Las relaciones entre la energía cinética y la energía potencial, el concepto de fuerza y distancia, aceleración y energía, pueden ilustrarse elevando un objeto y dejándolo caer.

Cuando el objeto se levanta desde una superficie se le aplica una fuerza vertical. Al actuar esa fuerza a lo largo de una distancia, se transfiere energía al objeto. La energía asociada a un objeto situado a determinada altura sobre una superficie se denomina energía potencial. Si el objeto se deja caer, la energía potencial se convierte en energía cinética (Sepúlveda, 2010).³⁴

3.9.1 Metabolismo Energético

La tasa metabólica, como una conversión de química en energía mecánica y térmica, mide el costo energético de la carga muscular y da un índice numérico de la actividad. La tasa metabólica es un determinante importante de la comodidad o la cepa resultante de la exposición a un ambiente térmico (ISO, 2004).¹⁸

Este gasto energético se expresa normalmente en unidades de energía y potencia: kilocalorías (kcal), joules (J), y watts (w). La equivalencia entre las mismas es la siguiente:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kCal} &= 4.184 \text{ kJ} \\ 1 \text{ M} &= 0.239 \text{ kCal} \\ 1 \text{ kCal/h} &= 1.161 \text{ W} \\ 1 \text{ W} &= 0.861 \text{ kCal/h} \\ 1 \text{ kCal/h} &= 0.644 \text{ W/m}^2 \\ 1 \text{ W/m}^2 &= 1.553 \text{ kCal / h (para una superficie corporal estándar de 1.8 m}^2\text{)}. \end{aligned}$$

3.9.2 ISO 8996:2004

Especifica diferentes métodos para determinar la tasa metabólica en el contexto de la ergonomía del entorno de trabajo

¹⁸ ISO. (2004). *ISO 8996*. Recuperado el 18 de Mayo de 2014, de Ergonomics of the thermal environment -- Determination of metabolic rate: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=34251

³⁴ Sepúlveda, E. M. (2010). *Física en Línea*. Recuperado el 27 de Mayo de 2014, de Energía Cinética: <https://sites.google.com/site/timesolar/energia/energiacinetica>

climático. También puede ser utilizado para otras aplicaciones - por ejemplo, evaluación de prácticas de trabajo, costo energético de puestos de trabajo específico o actividades deportivas, costo total de una actividad, etc (ISO, 2004).¹⁸

3.9.3 Flujos de Materia y Energía.

Cualquier ser vivo representa un sistema en estado estable, a través del cual fluye materia. Si se considera al organismo como una “caja negra”, este flujo se verá globalmente como la relación entre las entradas y las salidas de materia, donde los respectivos componentes que salen podrán o no ser iguales a los que entraron (Racotta, 2001).³¹

En un organismo que ya no crece, habrá algunos componentes que, más o menos a corto plazo, van a ser los mismos cuali y cuantitativamente en la entrada y la salida, como, por ejemplo, el agua y las sales minerales. En efecto, en 24 horas se ingiere y se elimina prácticamente la misma cantidad de agua y esta igualdad será determinada ya sea por el valor de entrada o bien por el de salida. Si se toma más líquido se va a orinar más; si se pierde agua por transpiración se producirá sed y se tomará más líquido. Lo mismo pasa en condiciones fisiológicas con la gran mayoría de los iones (Racotta, 2001).³¹

Tabla 8. Flujo de Materia y Energía (Racotta, 2001).³¹

Entradas		Salidas	
Carbohidratos (CHO)	Materia	Bióxido de Carbono	
Lípidos (LIP)		Agua	
Proteínas (PRO)		Productos Nitrogenados	
Oxígeno (O ₂)			
Energía Química en CHO, LIP y PRO	Energía	Síntesis Orgánica	
		Contracción Muscular	
		Transporte Activo	
		Ciclos de Sustrato	
		Producción de Calor	

¹⁸ ISO. (2004). *ISO 8996*. Recuperado el 18 de Mayo de 2014, de Ergonomics of the thermal environment -- Determination of metabolic rate: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=34251

³¹ Racotta, R. (2001). *Metabolismo Energético en el Humano, Un enfoque cuantitativo*. México: Tresguerras.

Las entradas representan el contenido cuanti y cualitativo de los alimentos más el O₂ que entra vía pulmonar. Las salidas de materia, son compuestos simples (principalmente urea y amonio como productos nitrogenados) que provienen de la oxidación (catabolismo) de los compuestos complejos ingeridos. La tasa (valor por unidad de tiempo) de flujo catabólico estará, en principio, determinada por la tasa de las salidas (gasto energético), algunas de las cuales pueden aumentar de manera notable como, por ejemplo, la contracción muscular en caso de ejercicio o la producción de calor en caso de frío ambiental. Por lo tanto, visto de manera general, la ingesta calórica (calorías contenidas en el alimento y absorbidas en el intestino) estará determinada cuantitativamente por el gasto energético previo. Un adulto normal relativamente sedentario ingiere (y gasta) del orden de 2000 a 2500 kcal al día (Racotta, 2001).³¹

3.9.4 Fisiología.

El musculo es el auténtico motor de combustión que utiliza como carburante principal: los hidratos de carbono y los lípidos (Alberdi, 2001).²

3.9.5 Fuentes de Energía.

El músculo tiene las siguientes fuentes de energía:

Internas	Externas
Fosfato (directamente utilizable)	Glucógeno Hepático
Glucógeno muscular	Reservas grasas diseminadas en el cuerpo

² Alberdi, G. I. (2001). *Evaluación de la Carga Física de Trabajo UNE-EN 28996 Calor metabólico*. Recuperado el 19 de Mayo de 2014, de <http://www.ergokprevencion.org/Organizador/Doc/Calor%20metabolico%20K%20V01.pdf> **47**

³¹ Racotta, R. (2001). *Metabolismo Energético en el Humano, Un enfoque cuantitativo*. México: Tresguerras.

Porcentaje de energía obtenida de los diferentes grupos de alimentos (Maldonado, 2001).²⁵

Carbohidratos	30% - 50%	1 gramo=	17 kilo joule
Proteínas	10% - 15%	1 gramo=	17 kilo joule
Grasas	30% - 40%	1 gramo=	38 kilo joule

Los mecanismos por los cuales estos alimentos son transformados en energía o reserva de la misma tomando como base carbohidratos, grasas y proteínas (Maldonado, 2001)²⁵ son:

- a) Glicólisis.- metabolismo de glucosa para formar ATP
- b) Glucogenólisis.- transformación de glucógeno (reserva de energía) a glucosa para la producción de ATP.
- c) Glucogenogenesis.- almacenamiento de glucosa como reserva de energía.
- d) Ciclo de ácidos grasos.

Toda la energía que ingresa al organismo proviene de los alimentos y se convierte en calor, el cual es liberado directamente durante las reacciones metabólicas o como un producto secundario de trabajo realizado por el cuerpo, a esto se le conoce como termogénesis y puede servir para medir la energía gastada por la economía al realizar alguna actividad física o simplemente al mantener las funciones básicas del organismo (Maldonado, 2001).²⁵

3.10 Mecanismo

Son elementos destinados a transmitir y transformar fuerzas y movimientos desde un elemento motriz (motor) a un elemento receptor. Permiten al ser humano realizar determinados trabajos con mayor comodidad y menor esfuerzo (Kent, 2008).²³ Clasificándose según su función como mecanismos que transmiten movimiento y mecanismos que transforman movimientos.

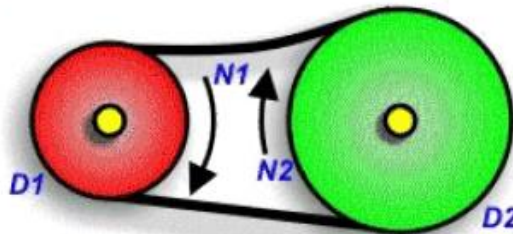
²³ Kent, V. (2008). *Apuntes de Mecanismos*. Elche.

²⁵ Maldonado, D. A. (2001). *Capacidad física Aeróbica y Gasto Energético en Puestos de Trabajo de Laminación de una Empresa de Artes Gráficas*. Monterrey, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.

Los mecanismos utilizados en las ejercitadoras del gimnasio son de transmisión de movimiento, en especial de transmisión circular.

Los mecanismos que se utilizan en los aparatos del gimnasio son los siguientes:

Sistema de poleas con correas situadas a cierta distancia, que giran simultáneamente por efecto de una correa.



$$D1 \cdot N1 = D2 \cdot N2$$

Figura 3. Sistema de poleas con correa.

Transmisión por correa y engranes, que permiten transmitir movimientos entre ejes que se encuentran a cierta distancia. Este tipo de mecanismo transmite más potencia ya que evita patinaje de las correas.

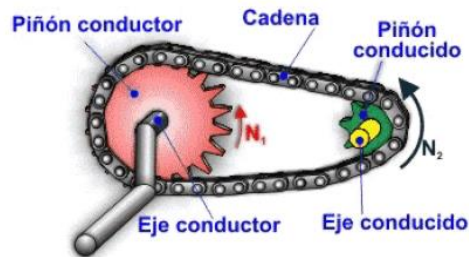


Figura 4. Transmisión por cadena.

3.11 Generadores de Corriente

Los Motores y generadores eléctricos, son un grupo de aparatos que se utilizan para convertir la energía mecánica en eléctrica, o a la inversa, con medios electromagnéticos. A una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica se le denomina

generador, alternador o dínamo, y a una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica se le denomina motor (Wildi, 2006).⁴⁴

Dos principios físicos relacionados son la del funcionamiento de generadores y motores. El primero es el principio de inducción descubierto por el científico e inventor británico Michael Faraday en 1831. Si un conductor se mueve a través de un campo magnético, o si está situado en las proximidades de un circuito de conducción fijo cuya intensidad puede variar, se establece o se induce una corriente en el conductor. El principio opuesto a éste fue observado en 1820 por el físico francés André Marie Ampère. Si una corriente pasaba a través de un conductor dentro de un campo magnético, éste ejercía una fuerza mecánica sobre el conductor (Wildi, 2006).⁴⁴

La máquina dinamoeléctrica más sencilla es el dinamo de disco desarrollado por Faraday, que consiste en un disco de cobre que se monta de tal forma que la parte del disco que se encuentra entre el centro y el borde quede situada entre los polos de un imán de herradura. Cuando el disco gira, se induce una corriente entre el centro del disco y su borde debido a la acción del campo del imán. El disco puede fabricarse para funcionar como un motor mediante la aplicación de un voltaje entre el borde y el centro del disco, lo que hace que el disco gire gracias a la fuerza producida por la reacción magnética (Wildi, 2006).⁴⁴

El campo magnético de un imán permanente es lo suficientemente fuerte como para hacer funcionar un dinamo pequeño o motor. Por ello, los electroimanes se emplean en máquinas grandes. Tanto los motores como los generadores tienen dos unidades básicas: el campo magnético, que es el electroimán con sus bobinas, y la armadura, que es la estructura que sostiene los conductores que cortan el campo magnético y transporta la corriente inducida en un generador, o la corriente de excitación en el

caso del motor. La armadura es por lo general un núcleo de hierro dulce laminado, alrededor del cual se enrollan en bobinas los cables conductores (Wildi, 2006).⁴⁴

3.11.1 Generador de Corriente Continua

Los generadores de corriente continua son máquinas que producen tensión, su funcionamiento se reduce siempre al principio de la bobina giratoria dentro de un campo magnético. Si una armadura gira entre dos polos magnéticos fijos, la corriente en la armadura circula en un sentido durante la mitad de cada revolución, y en el otro sentido durante la otra mitad. Para producir un flujo constante de corriente en un sentido, o corriente continua, en un aparato determinado, es necesario disponer de un medio para invertir el flujo de corriente fuera del generador una vez durante cada revolución. En las máquinas antiguas esta inversión se llevaba a cabo mediante un conmutador, un anillo de metal partido montado sobre el eje de una armadura (Wildi, 2006).⁴⁴

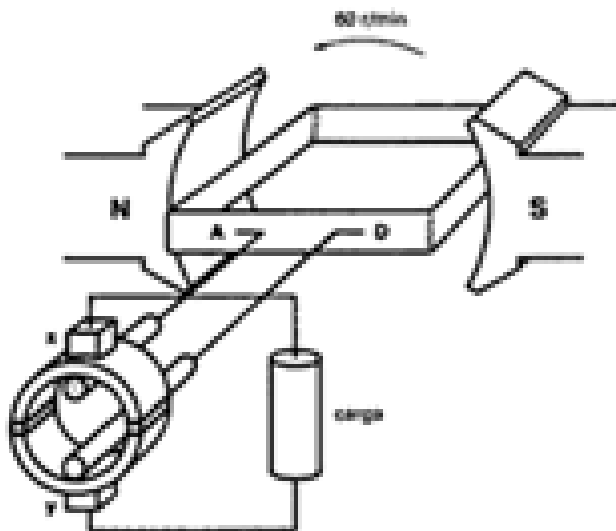


Figura 5. Un generador de CD eléctrica es simplemente un generador de CA equipado con un rectificador mecánico llamado conmutador (Wildi, 2006).⁴⁴

⁴⁴ Wildi, T. (2006). *Maquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. (Sexta ed.). Distrito Federal, México, México: Pearson Educación.

Las dos mitades del anillo se aislaban entre sí y servían como bornes de la bobina. Las escobillas fijas de metal o de carbón se mantenían en contacto con el conmutador, que al girar conectaba eléctricamente la bobina a los cables externos. Cuando la armadura giraba, cada escobilla estaba en contacto de forma alternativa con las mitades del conmutador, cambiando la posición en el momento en el que la corriente invertía su sentido dentro de la bobina de la armadura. Así se producía un flujo de corriente de un sentido en el circuito exterior al que el generador estaba conectado. Los generadores de corriente continua funcionan normalmente a voltajes bastante bajos para evitar las chispas que se producen entre las escobillas y el conmutador a voltaje alto. El potencial más alto desarrollado para este tipo de generadores suele ser de 1500 voltios. En algunas máquinas más modernas esta inversión se realiza usando aparatos de potencia electrónica, como por ejemplo rectificadores de diodo (Wildi, 2006).⁴⁴

Los generadores modernos de corriente continua utilizan armaduras de tambor, que suelen estar formadas por un gran número de bobinas agrupadas en hendiduras longitudinales dentro del núcleo de la armadura y conectadas a los segmentos adecuados de un conmutador múltiple. Si una armadura tiene un solo circuito de cable, la corriente que se produce aumentará y disminuirá dependiendo de la parte del campo magnético a través del cual se esté moviendo el circuito. Un conmutador de varios segmentos usado con una armadura de tambor conecta siempre el circuito externo a uno de cable que se mueve a través de un área de alta intensidad del campo, y como resultado la corriente que suministran las bobinas de la armadura es prácticamente constante. Los campos de los generadores modernos se equipan con cuatro o más polos electromagnéticos que aumentan el tamaño y la resistencia del

⁴⁴ Wildi, T. (2006). *Maquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. (Sexta ed.). Distrito Federal, México, México: Pearson Educación.

campo magnético. En algunos casos, se añaden interpolos más pequeños para compensar las distorsiones que causa el efecto magnético de la armadura en el flujo eléctrico del campo (Wildi, 2006).⁴⁴

El campo inductor de un generador se puede obtener mediante un imán permanente (magneto) o por medio de un electroimán (dinamo). En este último caso, el electroimán se excita por una corriente independiente o por autoexcitación, es decir, la propia corriente producida en el dinamo sirve para crear el campo magnético en las bobinas del inductor. Existen tres tipos de dinamo según sea la forma en que estén acoplados el inductor y el inducido: en serie, en derivación y en combinación (Wildi, 2006).⁴⁴

3.12 Generador Fotovoltaico

El componente elemental de un generador FV es la célula fotovoltaica, donde se lleva a cabo la conversión de la radiación solar a corriente eléctrica. La célula está compuesta por una delgada capa de material semiconductor, normalmente silicio tratado, con un grosor de alrededor de 0.3 mm y una superficie de 100 a 225 cm². El silicio, con cuatro electrones de valencia (tetraivalente), se “dopa” con átomos trivalente en una capa y cierto número de átomos pentavalentes en la otra. La región tipo P tiene exceso de huecos, mientras que la de tipo N tiene exceso de electrones (Anónimo, 2011).⁸

⁸ Anónimo. (2011). *Cuaderno de Aplicaciones Técnicas n.º10*. Barcelona: ABB.

⁴⁴ Wildi, T. (2006). *Maquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. (Sexta ed.). Distrito Federal, México, México: Pearson Educación.

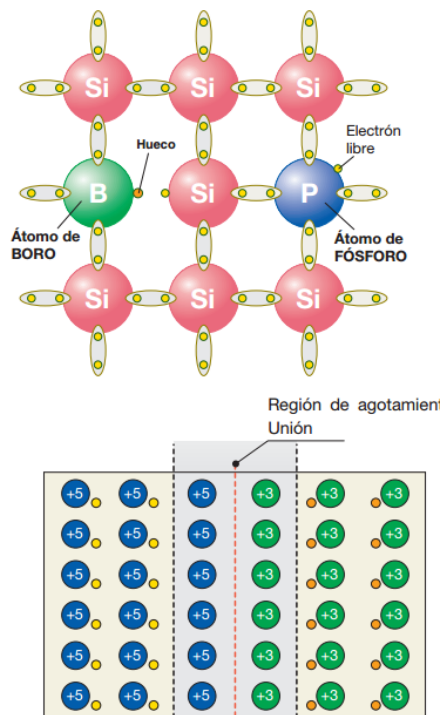


Figura 6. Silicio Dopado (Anónimo, 2011).⁸

En el área de contacto entre las dos capas con diferente dopaje (unión P-N), los electrones tienden a desplazarse desde la mitad con exceso de electrones (N) hacia la mitad con déficit de electrones (P), generando así una acumulación de carga negativa en la región P. Para los huecos de electrones ocurre un fenómeno equivalente, con acumulación de carga positiva en la región N. De esta forma se crea un campo eléctrico en la unión que se opone a la difusión de cargas eléctricas. Al aplicar una tensión desde el exterior, la unión permite el flujo de corriente únicamente en una dirección (funcionando como un diodo) (Anónimo, 2011).⁸

Cuando se expone la célula a la luz, a causa del efecto fotovoltaico se crean algunos pares electrón-hueco tanto en la región N como en la P. El campo eléctrico interno hace que el exceso de electrones (resultado de la absorción de fotones por parte del material) se separe de los huecos y los impulse en dirección

⁸ Anónimo. (2011). *Cuaderno de Aplicaciones Técnicas n.º10*. Barcelona: ABB.

opuesta). Como consecuencia, una vez que los electrones han superado la región de agotamiento no pueden regresar ya que el campo evita el flujo en la dirección inversa. Al conectar la unión a un conductor externo se obtiene un circuito cerrado, en el que la corriente fluye de la capa P, con un potencial mayor, a la capa N, con un potencial menor, siempre que la célula esté iluminada.

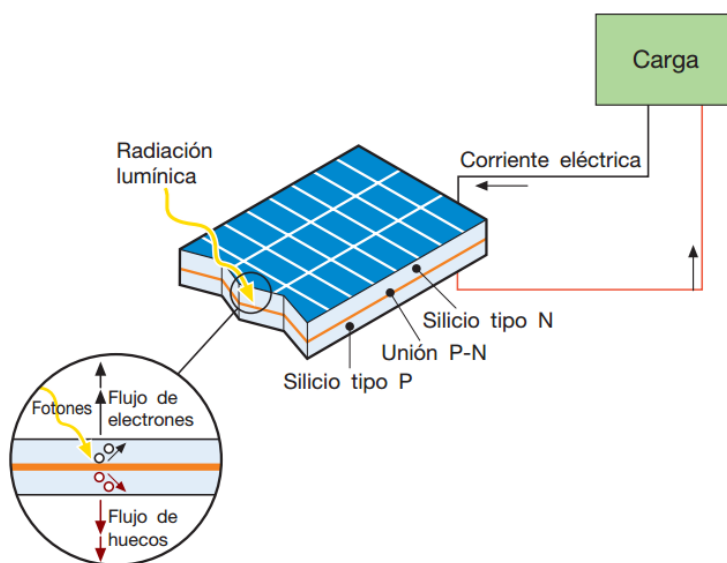


Figura 7. Funcionamiento de una Célula Fotovoltaica (Anónimo, 2011).⁸

3.13 Inversores (convertidores DC-AC)

Son dispositivos que transforman la corriente continua en alterna y controla la calidad de la energía destinada a la red mediante un filtro L-C montado en el interior del propio inversor (Anónimo, 2011).⁸

⁸ Anónimo. (2011). *Cuaderno de Aplicaciones Técnicas n.º10*. Barcelona: ABB.

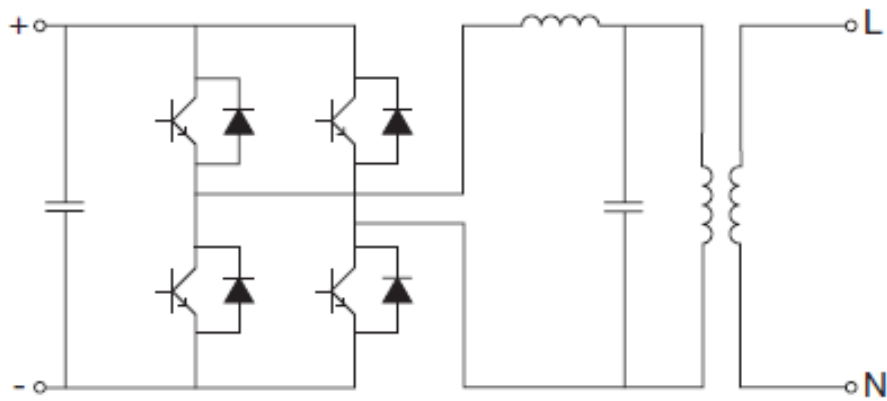


Figura 8. Esquema del principio de funcionamiento de un inversor monofásico (Anónimo, 2011).⁸

Para que la onda sea lo más sinusoidal posible se utiliza una técnica más sofisticada: modulación del ancho de pulso (PWM, pulse Width Modulation). Esta técnica permite regular la frecuencia y el valor rms de la forma de onda de salida (Anónimo, 2011).⁸

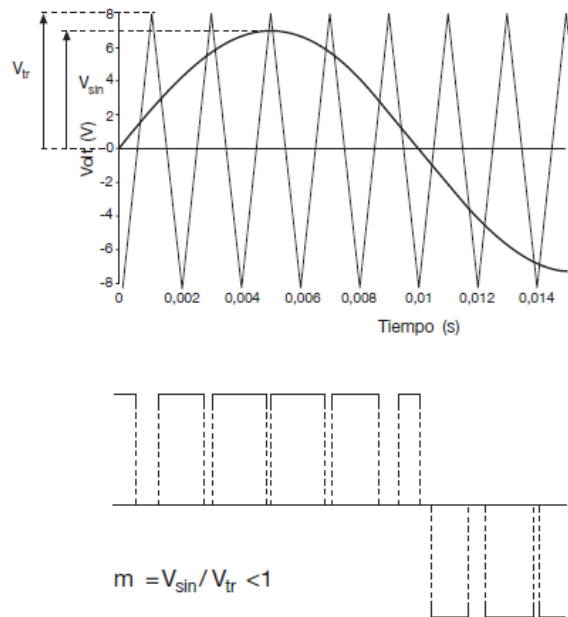


Figura 9. Principio de funcionamiento de la tecnología PWM (Anónimo, 2011).⁸

⁸ Anónimo. (2011). *Cuaderno de Aplicaciones Técnicas n.º10*. Barcelona: ABB.

La potencia suministrada por un generador FV depende del punto de la instalación en el que está operando. Para optimizar el suministro de energía de la planta, el generador debe adaptarse a la carga, de modo que el punto de funcionamiento corresponda siempre al punto de potencia máxima (Anónimo, 2011).⁸

Con este objetivo, dentro del inversor se utiliza un chopper controlado llamado seguidor del punto de potencia máxima (MPPT, Maximum Power Point Tracking). El MPPT calcula el valor instantáneo de la curva I-V (“tensión-intensidad”) del generador al cual se produce la máxima potencia disponible (Anónimo, 2011).⁸

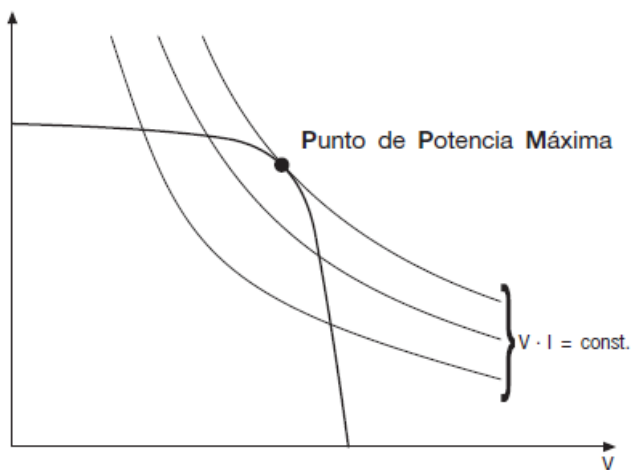


Figura 10. Punto de potencia máxima (MPP) de un generador fotovoltaico (Anónimo, 2011).⁸

⁸ Anónimo. (2011). *Cuaderno de Aplicaciones Técnicas n.º10*. Barcelona: ABB.

4 METODOLOGÍA

4.1 Área de Trabajo

El trabajo de investigación fue desarrollado en la ciudad de San Luis Potosí, ya que cuenta con una localización geográfica atractiva para la generación de energía eléctrica (como se muestra en la figura 11.), la cual absorbe un nivel de irradiancia de 5.5 kWh/m²/día según datos de la empresa ABB.

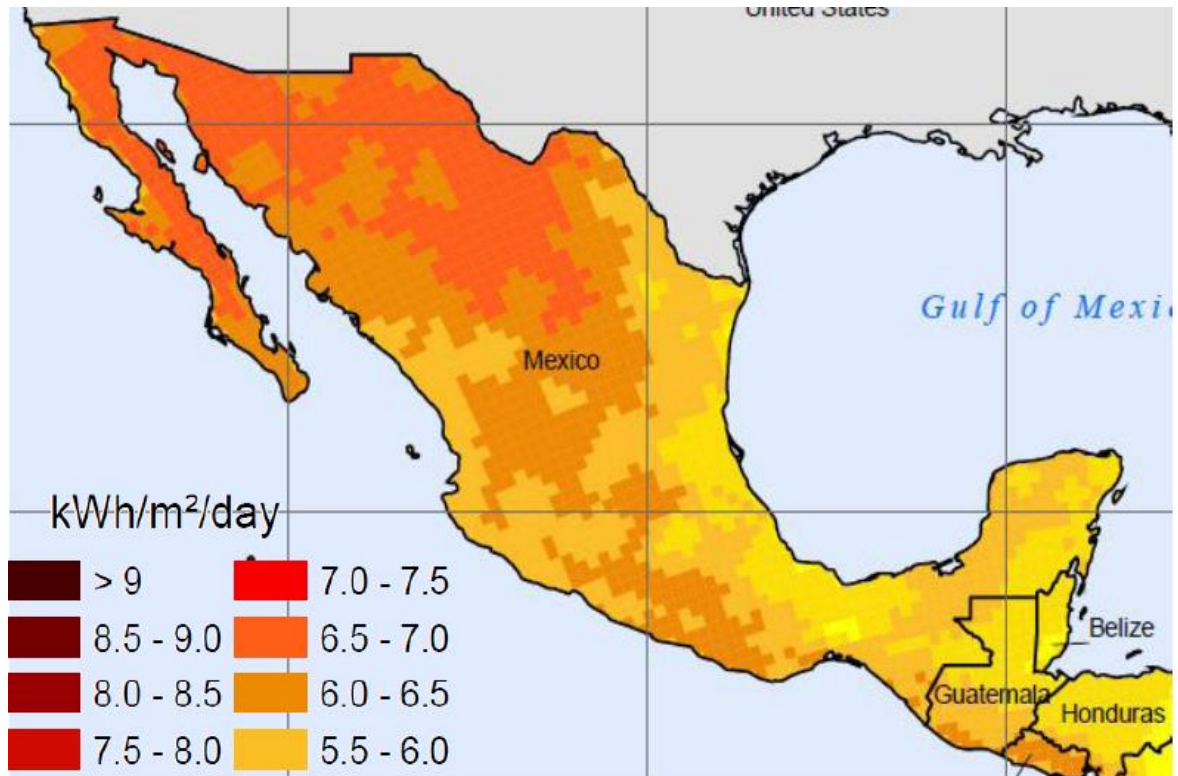


Figura 11. Mapa de irradiación solar en México.

Con base al mapa de zonificación de áreas verdes (figura 12) obtenidos del CIACyT con Sistemas de Información Geográfica, muestra la ubicación posible (en color rojo) de la construcción del gimnasio.

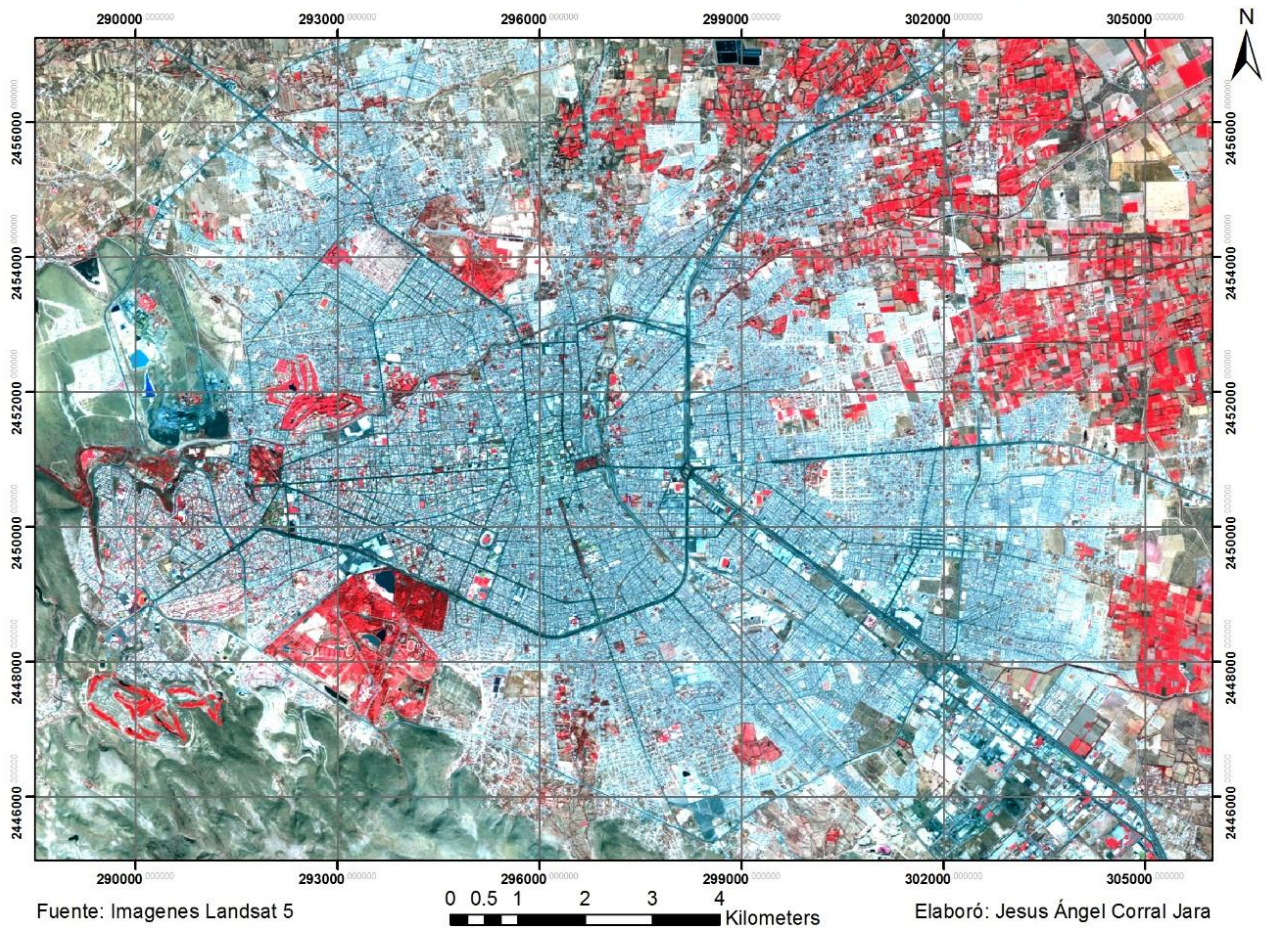


Figura 12. Zonificación de áreas verdes en la ciudad de San Luis Potosí.

4.2 Sistema complejo

El sistema complejo de la ciudad de San Luis Potosí comprende en mayor medida al sector político y económico debido al control que éste cuenta ante la sociedad en base a aspectos económicos.

Dentro de lo económico tenemos los sectores primarios, secundarios y terciarios, pero solamente el secundario es el que cuenta con mayor estabilidad, gracias a su alta productividad de generación, de modo que los precios de comercialización los

determina el mercado y esto trae consigo una contaminación y demanda de recursos naturales, modificando diversas variables del sistema.

El medio físico que rodea la región y su ambiente proporciona validez para el manejo de las dimensiones social, económico y político del sistema. La sociedad está organizada por el sector político, quien determina la educación y salud de cada individuo y su calidad de vida con servicios básicos y generación de empleos. Los valores determinados en el sistema definen la actitud de la sociedad y por tanto las relaciones existentes en el mismo.

4.3 Metodología

El presente trabajo se efectuó sobre la base de la industria del acondicionamiento físico, enfocado a una tendencia sustentable y autosuficiente. A través del tiempo se podrá estudiar por medio de cálculos matemáticos y lógicos, observaciones y muestreos, como fuentes de herramienta para predecir la potencia en un gimnasio autosustentable, diseñado a partir de diversos factores que implican ser amigables con el ambiente.

En general existe una secuencia de pasos a seguir para proyectar el gimnasio y éstos son los siguientes.

1. Lluvia de Ideas.

Con el objetivo de desarrollar una alternativa de generación de energía eléctrica evitando los Gases de Efecto Invernadero; se llevó a cabo un ejercicio conocido como lluvia de ideas para desarrollar y proyectar un gimnasio sustentable, tomando en cuenta aspectos que son necesarios para un óptimo desarrollo del mismo.

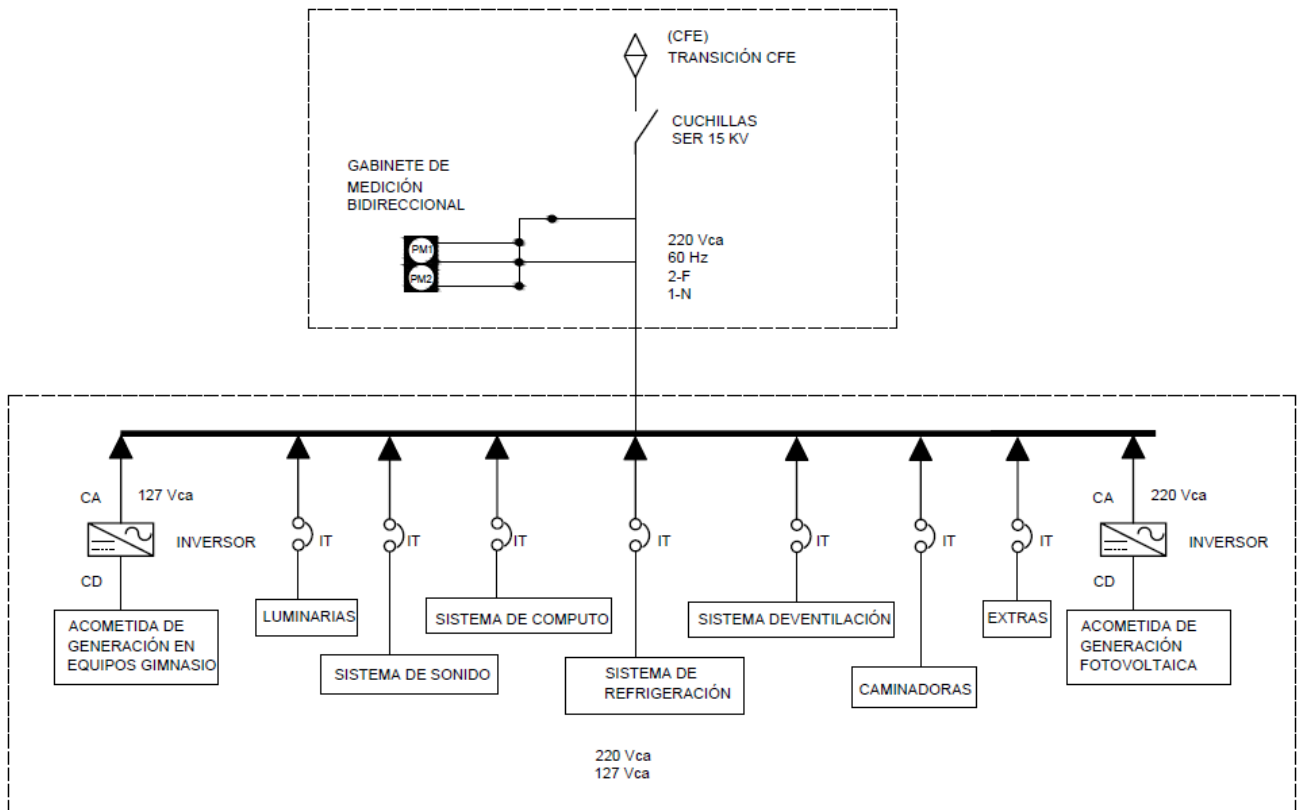


Figura 13. Diagrama unifilar eléctrico.

2. Búsqueda de Información Técnica.

La información para familiarizarse con el proyecto es de suma importancia, es por ello que se deben centrar, precisar y definir los conceptos, palabras claves y elementos necesarios para encontrar las referencias que se ajustan a la demanda que se tenga, acudiendo a centros de información y bases de datos que sean de utilidad para el proyecto.

3. Obtención de Información Técnica en Gimnasios.

Se acudió a los gimnasios para conocer las instalaciones y necesidades en base a las actividades que demanda el usuario. Se idearon soluciones innovadoras para ayudar a la gente a alcanzar el bienestar y optimizar al momento de diseñar el gimnasio sustentable

como es el caso de la ciencia Biomimicry, que es imitar la naturaleza para resolver sistemas y estrategias de los humanos. Incorporado a ello se conocerá el promedio de la demanda y generación energética, así como la demanda y reciclaje del agua, en el/los gimnasio(s) visitado(s).

Los elementos cardiovasculares están constituidos por:

- Cintas para correr.
- Cross Trainers (Elíptica) (Movimiento elíptico similar a correr)
- Bicicletas (Rendimiento en piernas)
- Top (Entrenamiento de la parte superior del cuerpo)
- Step (Movimiento fluido de subida)
- Remo (Ejercita espalda, similar a remar)

Los elementos de pesas están constituidos por:

- Crossover Cables (Polea de pesas)
- Multipower (Barra de pesas)
- Banca Horizontal
- Banca Inclinada
- Banca Declinada
- Soporte para discos
- Mancuernas
- Aparatos para Pierna
- Aparatos para Hombro
- Aparatos para Pecho y Espalda

4. Selección del terreno donde se proyectará el gimnasio.

La ubicación del gimnasio debe contar con facilidades de transporte público y que posibilite el uso de bicicletas, con la opción

de incentivar a usuarios y empleados a dejar el automóvil en casa. La implantación del predio debe contar con áreas verdes para drenaje del suelo en días de lluvia evitando así grandes movimientos de tierra que agranden el perfil natural del terreno y consecuentemente, el flujo de agua pluvial en la ciudad como un todo.

5. Diseño del plano arquitectónico del gimnasio.

Con la finalidad de que sea un gimnasio sustentable se proyectaron varias alternativas entre las cuales están la de reciclar y reutilizar. Para el proyecto arquitectónico las ventanas deben ser amplias con la finalidad de aprovechar la luz natural del día, evitando la incidencia directa del sol en verano, y en invierno las aberturas deben quedar bien cerradas para evitar el enfriamiento del ambiente; uso de techos abiertos que ayuden a equilibrar la temperatura interna del gimnasio.

Para el aprovechamiento del agua se puede captar la de lluvia a través de canaletas y colectores, continuando el proceso a través de filtros simples y aprovechar el agua en riego y descarga de sanitarios. El agua de los sanitarios y baños pueden pasar por un sistema de cinco niveles de filtrado antes de ser reaprovechada.

Se implementó iluminación y lámparas de bajo consumo respetando la cantidad de luxes necesarios en las diferentes actividades del gimnasio, además de realizar adecuadamente la instalación eléctrica de modo que se tenga un encendido de pocas luminarias por vez; la colocación de sensores de presencia en ambientes de menor utilización y pintar las paredes de color claro).

Los materiales en un gimnasio ecológico deben ser reciclados, preferentemente biodegradables (provenientes de demoliciones o

que estén certificados como es el caso del uso de madera que sea de bosques reforestados).

Para el caso de los desechos se deberá llevar una recolección selectiva de éstos, modulando la estructuración y paginación de materiales que eviten el desperdicio (se puede fomentar en los usuarios y empleados la participación trayendo basura reciclable de sus hogares).

6. Cálculo de la demanda energética necesaria del gimnasio.

El consumo de energía eléctrica se mide en kWh; para estimar la demanda total de forma práctica y rápida se utiliza una tabla en la cual se colocan todos los dispositivos que se encuentran conectados a la red eléctrica (luminarias, sistemas de refrigeración, sistema de seguridad, sistemas de audio, entre otros), los valores que se colocan en la tabla son potencia y horas consumidas, se suma el total de kWh consumidas, y es de esa manera como obtenemos la demanda total de energía del gimnasio.

7. Cálculo de generación eléctrica en base a celdas fotovoltaicas.

Al momento de contar con el diseño arquitectónico del gimnasio el uso de paneles solares puede tener como objetivo la generación de energía eléctrica, aprovechando mayormente el área del techado disponible para su colocación, siempre en la orientación de mayor incidencia solar.

8. Dimensionamiento del sistema térmico del agua.

El diseño y dimensionamiento del sistema es un proceso interactivo, en el cual se tienen que tomar en cuenta los siguientes parámetros de entrada:

- Consumo de agua caliente en su perfil diario y la temperatura prefijada.
- Inclinación y orientación de los colectores.
- Eficiencia de los colectores
- Clima del sitio.
- Volumen del termostanque.
- Longitud de la tubería.
- Tipo de calentador de respaldo.
- Temperatura del agua de la red
- Coordenadas geográficas del sitio
- Niveles de irradiación solar en base mensual

9. Cálculo de generación eléctrica en base a bicicletas estáticas, máquinas elípticas y remadora Crossfit.

Las bicicletas estáticas, máquinas elípticas y remadoras Crossfit en la mayoría de los gimnasios cuentan con un monitor que calcula el promedio de la distancia (m), calorías (kCal), ritmo cardiaco (bpm, vatios por minuto) y potencia generada (W). De modo que se realizarán pruebas en diferentes velocidades y diferentes resistencias, tomando en cuenta las más utilizadas por los usuarios.

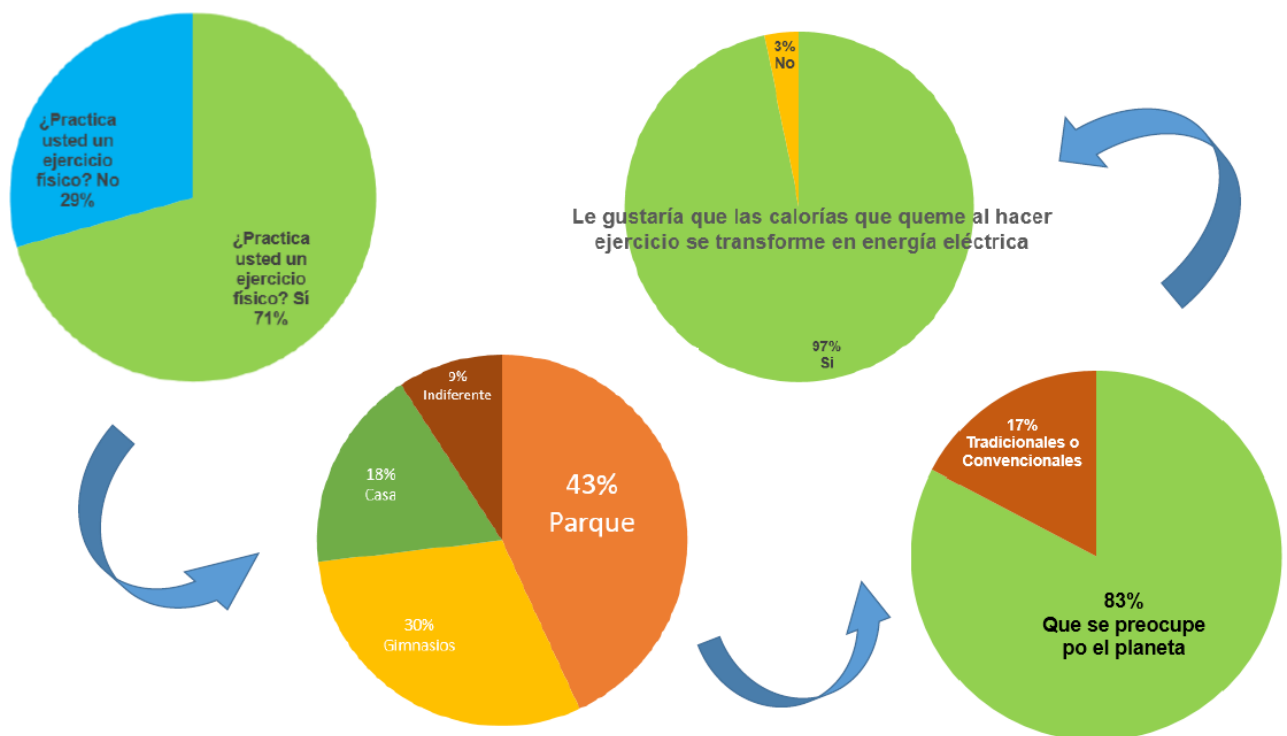
5 RESULTADOS

5.1 Desarrollo Sustentable

Por ser un proyecto enfocado a sustentabilidad, se busca orientarlo al uso de recursos naturales, valorando dimensiones sociales, políticas, ambientales, y económicas.

5.1.1 Social

Se realizó una encuesta para determinar la aceptación del gimnasio por las personas que realizan ejercicio y generen energía eléctrica; obteniendo datos de 283 participantes con edades de 19 a 31 años (119 varones y 164 damas). Dando como resultado las siguientes gráficas.



Grafica 7. Encuesta de aceptación del gimnasio.

Se puede apreciar que la mayoría de las personas encuestadas realizan ejercicio físico y prefieren realizarlo en lugares abiertos (parques) y cerrados (gimnasios).

Otro punto importante que nos muestra la encuesta es que al 83% de las personas les gustaría acudir al lugar que sea socialmente responsable con el ambiente y el 97% de las personas sí realizaría con gusto un ejercicio que tiene como finalidad la generación de energía eléctrica.

5.1.2 Político

En México se cuenta con normas, leyes e ISOS que regulan la generación y uso de la energía. Contando con un Marco Regulatorio para las Energías Renovables. (Véase el apartado 3.5 de Normas Oficiales Mexicanas del Sector Eléctrico).

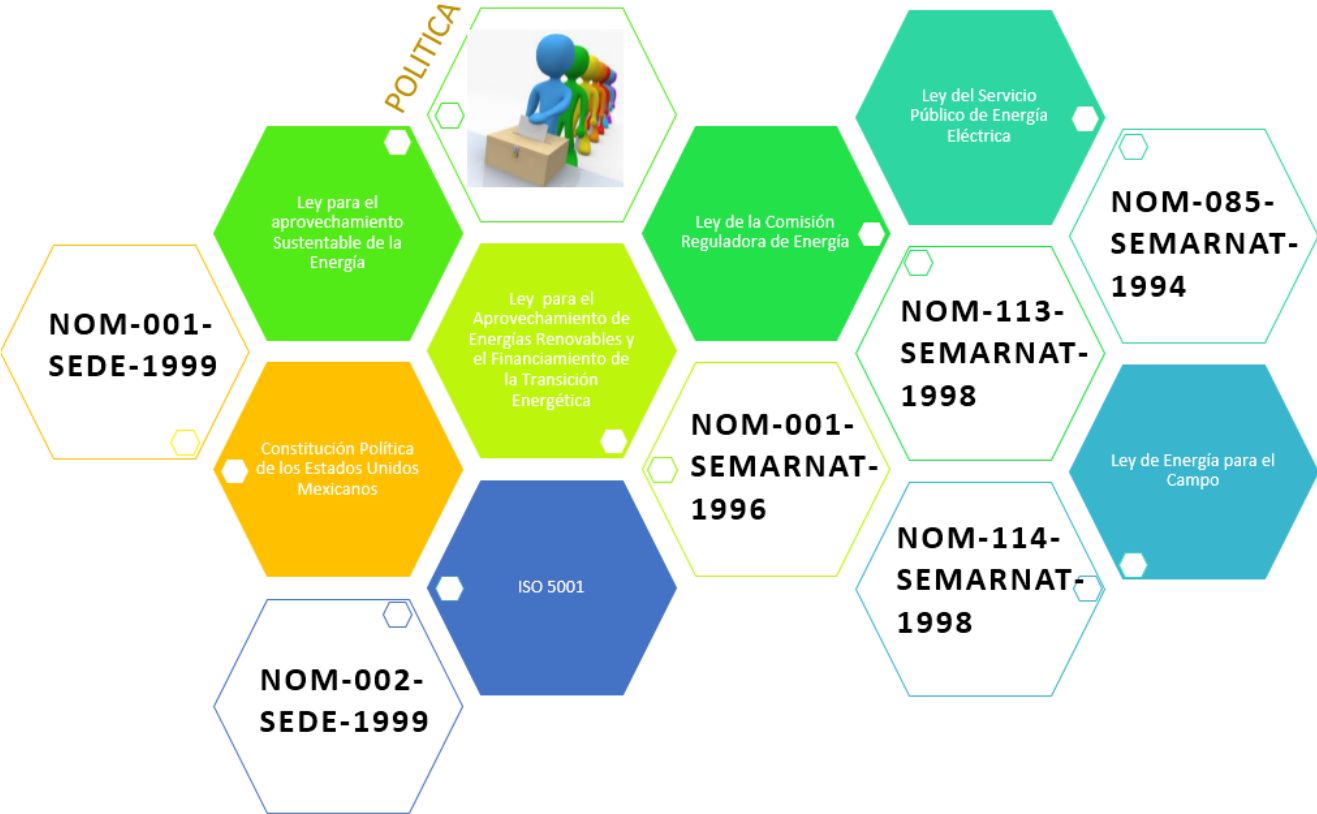


Figura 14. Normas y Leyes en México.

5.1.3 Ambiental

El diseño del gimnasio se realizó pensando en la sustentabilidad.

El complejo contará en su periferia con áreas naturales, basado en la ciencia de biomimetismo. La propuesta de disposición se dividió en cuatro áreas principales:

- **Área de Fortalecimiento:** Área de pesas y aparatos, con el objetivo de estimular el desarrollo y crecimiento de los músculos del cuerpo, al tiempo que se tonifican.
- **Área Cardiovascular:** Área relacionada con la salud, pérdida de peso y control del mismo, aprovechando para convertir energía cinética en energía eléctrica.
- **Servicios:** Constituido por baños y área eléctrica (127V-220V)
- **Áreas de Acceso:** Entrada principal.

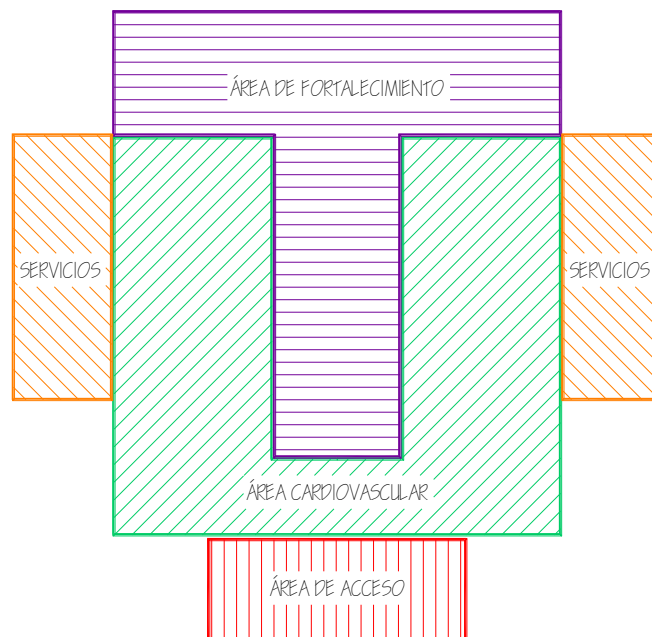


Figura 15. Diagrama de Zonificación

5.1.3.1 Concepto de Diseño

El diseño se basa en la naturaleza misma, debido a que la imita con el objetivo de optimizar los recursos naturales de su entorno y reducir el consumo artificial en su demanda diaria.

Con la capacidad de análisis hacia la naturaleza, se observa gran variedad de colores, formas, materiales, etc. Por ser un mundo muy vasto se ha tomado como referencia natural a la *Echinocactusgrusonii*. Debido a que las plantas se mantienen en un mismo sitio durante toda su vida como es el caso de los edificios, la diversidad de flora utiliza principios de optimización en el uso de materiales asequibles, reciclaje y adaptación al medio.

La selección de este tipo de especies para el plano arquitectónico del gimnasio se debe a que muestran notables adaptaciones morfológicas y fisiológicas a la sequía. Además se encuentran expuestas a radiaciones solares y elevada excursión térmica diaria, debido a las condiciones climáticas de la zona en la que crecen, como es el caso de San Luis Potosí, donde se propone la construcción. Una característica muy particular de estas especies es que cuentan con una pared celular más espesa, respecto a otras especies, con la finalidad de su auto climatización y retener de esta manera líquidos.

Para las fachadas laterales (Este y Oeste, según los puntos cardinales), se contempla la forma del cactus tipo *Echinocactusgrusonii* (por su relación área-volumen). Debido a esto se tomaron los gajos o los diferentes planos del cactus para conceptualizarlo en elementos estructurales (columnas principales del edificio).

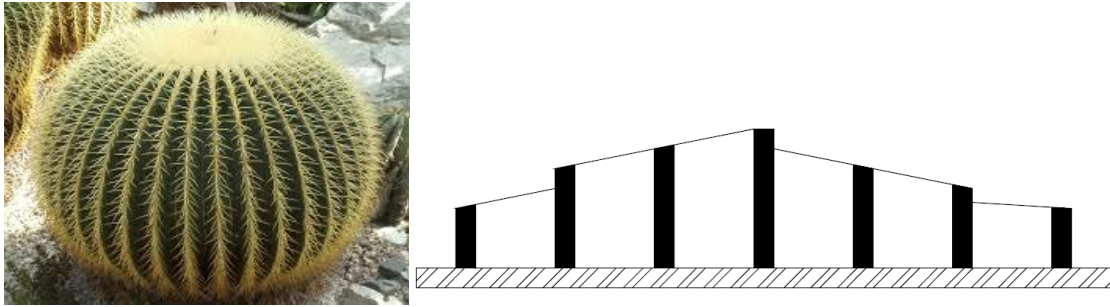


Figura 16. Echinocactus grusonii como medio de inspiración.

Para la vista superior, se inspiró el diseño en un Gato Montés de la familia de los felinos, ya que se puede encontrar en los matorrales de San Luis Potosí; según información del INEGI, además de ser una especie territorial y solitaria como son los edificios.



Figura 17. Gato Montés como medio de inspiración.

Se toma como concepto rector de diseño la forma de la cara del gato montés, dividiéndola por la mitad. Seguido, se realiza una abstracción de la forma seleccionada, y se espejea obteniendo la forma general de la planta del edificio.

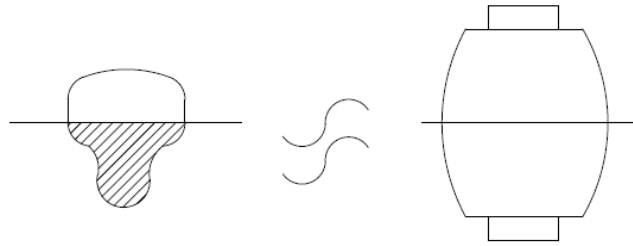


Figura 18. Vista superior del croquis del gimnasio.

¿POR QUÉ LA FORMA DE LA LOSA (TECHO)?

Al ser un proyecto pensado en la sustentabilidad y el cuidado del ambiente, es necesario pensar en elementos y pautas de diseño que permitan al proyecto lograr sus objetivos.

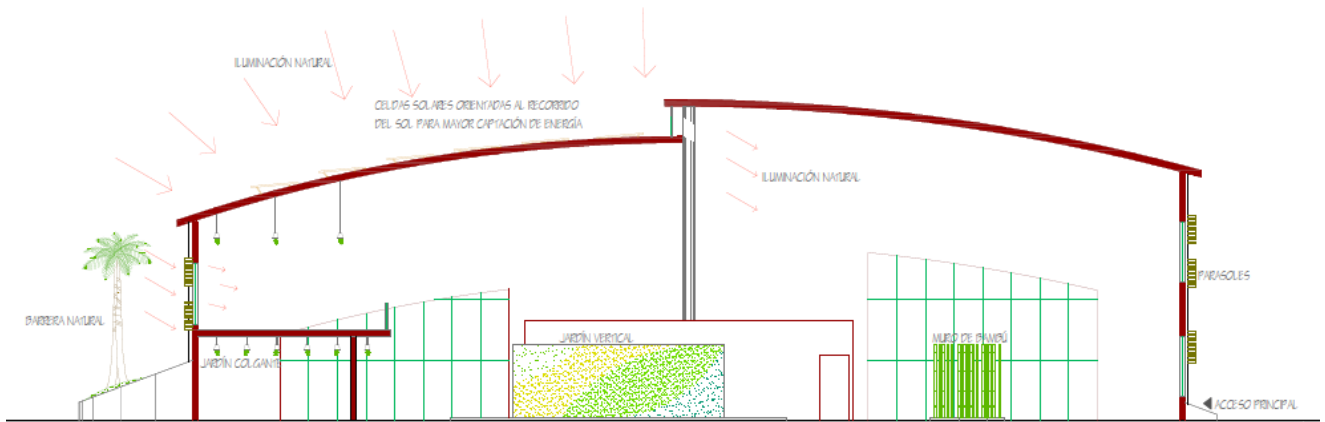


Figura 19. Forma de la losa.

Losa a Dos Aguas: Tiene cualidades como facilidad para dar dirección al agua pluvial para su tratamiento, almacenamiento y reutilización, menos afectación solar ya que los rayos solares directos no afectan continuamente una superficie en específico, sino que varía la afectación directa, se pueden construir a base de materiales ligeros y de manera rápida.

Diferentes Niveles de Losa

Variar la altura de las dos caídas de losa, permite emplear ventanales en la parte superior para una iluminación ambiental óptima, aprovechando al máximo la luz solar, además de reducir el consumo de energía eléctrica en iluminación artificial. Además de la iluminación se puede emplear ventilación cenital, que permitirá que escape el aire caliente generado al interior del gimnasio, produciendo corriente y flujo de aire fresco continuo.

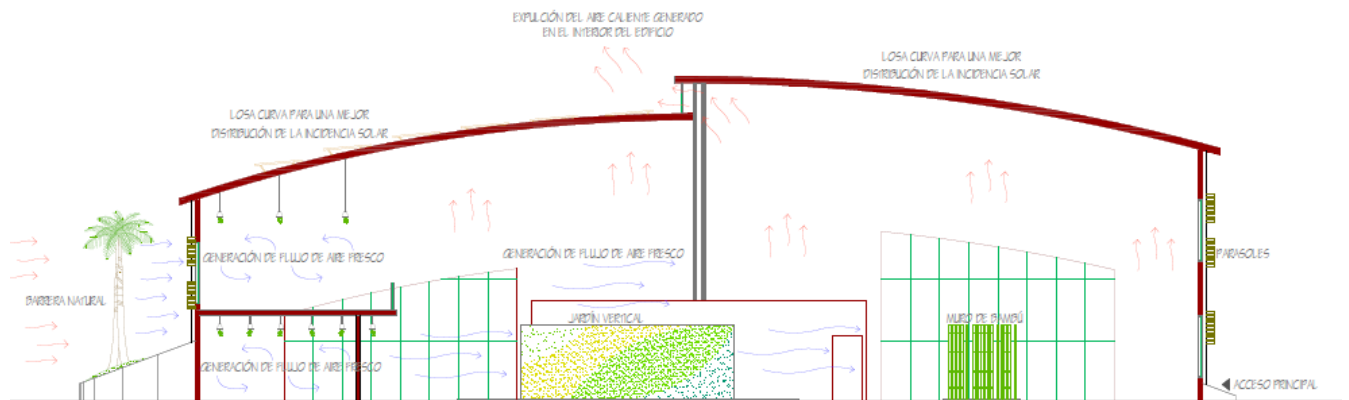


Figura 20. Sistemas Pasivos.

5.1.4 Económicos.

El banco de inversión Merrill y Lynch asentó que México es uno de los países en los que la tarifa de energía eléctrica es de mayor precio, lo que representa una desventaja de crecimiento al país y de acuerdo con un estudio del Centro de Investigación para el Desarrollo (CIDAC) México se encuentra en el segundo lugar más caro para el pago de luz; esto se da por un esquema tarifario que es controlado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

El excesivo costo de las tarifas eléctricas en nuestro país se debe a la ineficiencia de la Comisión Federal de Electricidad. Juan Carlos Belausteguigoitia, director ejecutivo del Centro Mario Molina,

menciona que la ineficiencia consiste en plantas de más de 20 años, robos, diablitos y corrupción.

Fijar una tarifa eléctrica en nuestro país puede ser complicado, ya que el precio de los combustibles fósiles es variable, el tipo de tecnología, la eficiencia de la planta y la temperatura.

La tabla 9 muestra datos obtenidos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), donde se aprecia el costo en pesos por cada kWh generado en una planta con las diferentes tecnologías que se mencionan; donde las primeras cuatro tecnologías requieren fuentes fósiles.

Tabla 9. Costo de Producción de Electricidad en México (Anónimo, 2010).⁶

Tecnología	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Turbo Gas y Ciclo Combinado	0.73	1.02	1.07	1.16	1.07	1.06	1.38
Diesel	2.43	3.02	3.61	6.91	6.07	4.81	7.85
Vapor (combustoleo)	0.45	0.62	0.69	0.78	1.02	1.06	1.58
Carboeléctrica y Dual (carbón y combustoleo)	0.47	0.57	0.70	0.65	0.65	0.67	1.10
Geotermoeléctrica	0.36	0.38	0.44	0.41	0.46	0.36	0.59
Eoloeléctrica	1.16	1.52	1.34	1.87	0.27	0.61	0.74
Nuclear	0.74	0.75	0.95	0.77	0.83	0.91	0.82
Generación Hidroeléctrica	0.47	0.64	0.52	0.49	0.49	0.55	0.49

En un boletín de divulgación titulado “La generación eléctrica a partir de combustibles fósiles”, el Dr. José Miguel González Santaló (tabla 10), hace mención al costo de inversión que se requiere para la construcción de una planta generadora de energía eléctrica.

⁶ Anónimo. (4 de Junio de 2010). *Costo de Producción de Electricidad en México*. (B. d. CEMAER, Ed.) Recuperado el 24 de Enero de 2015, de ENERGÍAS RENOVABLES: <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2010/04/06/costo-de-produccion-de-electricidad-en-mexico/>

Tabla 10. Comparación entre las tecnologías de generación termoeléctrica (González, 2009).¹⁵

Tecnología	Combustible	Eficiencia	Costo USD/KW	Plazo de Construcción	Aplicaciones
Ciclo Combinado (CC)	Gas / Diesel	50-60%	800.00	2	Carga base cuando se tiene gas natural disponible. Su despacho depende de los precios del gas en relación a los del carbón
Turbina de gas en ciclo abierto	Gas / Diesel	35-45%	500.00	1	Carga pico.
Gasificación integrada a CC	Sólidos	40-44%	2000.00	5	Combustibles sólidos con alto contenido de azufre. Es la tecnología que con menor costo adicional puede hacer separación de CO ₂
Ciclo Rankine subcrítico	Combustóleo / Carbón	35-38%	1300.00	4	Central dominante en el siglo XX. Ahora está siendo desplazada, ya que para nuevas centrales se prefieren las tecnologías supercríticas que son más eficientes.
Ciclo Rankine supercrítico- Carbón pulverizado	Combustóleo / Carbón	39-42%	1486.00	4	Centrales para las mismas aplicaciones que las anteriores, pero con mayores eficiencias. Los tamaños de las unidades son también mayores: 700 MW vs. 350 MW.
Ciclo Rankine ultra supercrítico- Carbón pulverizado	Combustóleo / Carbón	42-47%	1550.00	4	Centrales de mayor eficiencia que las anteriores, pero están todavía en el proceso de obtener la confianza de las empresas.
Lecho fluidizado circulante atmosférico	Carbón	39-41%	1700.00	4	Tecnología particularmente atractiva para el uso de combustibles de alto azufre y altas cenizas. Utiliza piedra caliza para retener el azufre.
Lecho fluidizado presurizado	Carbón	42-44%	2200.00	4	Es una variante de la anterior, pero representa un arreglo complejo y no ha tenido buena penetración en el mercado.

La inversión inicial para construir el gimnasio es alto, así como equiparlo de forma eficiente, aprovechando la energía cinética de los usuarios y la energía solar a base de celdas fotovoltaicas, pero enfocados al ambiente se podrá generar energía eléctrica sin emisión de CO₂, ayudando a mitigar efectos que provoquen el cambio climático. Con vista a cuestiones económicas, la generación de energía eléctrica no tendrá costo alguno, lo cual se compensaría en la inversión inicial.

5.2 Demanda Energética del Gimnasio

Los cálculos generados en el apartado siguiente se basaron en las Normas Oficiales Mexicanas (Anónimo, 2012).⁹

5.2.1 Iluminación

Una óptima iluminación puede llegar a conseguir que el gimnasio se convierta en algo más que un lugar para realizar ejercicio. Para ello es necesario realizar un buen diseño lumínico, de modo que se pueden crear ambientes agradables buscando una instalación

⁹ Anónimo. (2012). NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización). México: Secretaría de Energía.

¹⁵ González, J. M. (Octubre-Diciembre de 2009). *La generación eléctrica a partir de combustibles fósiles*. Obtenido de Boletín IIE: <http://www.iie.org.mx/boletin042009/divulga.pdf>

lumínica energéticamente sustentable.

Los parámetros que definen la calidad de una iluminación son los siguientes (Jiménez, Vicente, & Mariano, 1995).²⁰

- ✓ Nivel de iluminación que se necesita (niveles de flujo luminoso (lux) que inciden en una superficie)
- ✓ Distribución de luminarias en el campo visual
- ✓ Limitación del deslumbramiento
- ✓ Modelado: Limitación del contraste de luces y sombras creado por el sistema de iluminación
- ✓ Color: Color de la luz y la reproducción cromática
- ✓ Estética: Selección del tipo de iluminación, de las lámparas y de las luminarias.

5.2.1.1 Cálculo del flujo luminoso total que necesita en el gimnasio

Datos de entrada:

Se examina el gimnasio y los elementos que tiene.

Dimensiones

a= ancho (m) = 19.83m

b= largo (m) = 32.79m

H= alto (m) = 6.65 m

Altura de trabajo.

En este caso para los gimnasios, la iluminación debe llegar a una altura de 0.85 m con respecto a nivel de suelo, y la altura suspendida de las luminarias es de 1.15 m.

²⁰ Jiménez, B., Vicente, A., & Mariano. (1995). *Iluminación y Color*. Valencia: UPV.

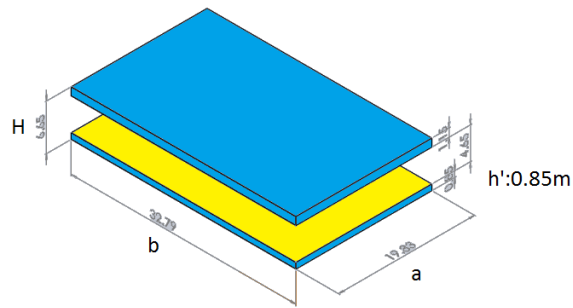


Figura 21. Altura de trabajo.

Nivel de iluminación media (Em) del gimnasio.

El valor depende del tipo de actividad que se realizará en el local, en este caso en un gimnasio se toman como exigencia 300 Em (tabla 11).

Tabla 11. Nivel de iluminación media (Em) del gimnasio.

Evaluación de exigencias visuales	Em en lux
muy bajas: en vestíbulos, pasillos, corredores, almacenes, garajes y asimilables	50 a 200
bajas: en gimnasios, archivos, aulas, bares, restaurantes, tiendas y asimilables	200 a 500
medias: en oficinas, salas ordenadores, zonas de lectura, laboratorio y asimilables	500 a 1000
altas: quirófano, banco dental, grabado, zonas de inspección textil, pintura, etc., y asimilables	1000 a 5000

Los valores del nivel de iluminancia media se encuentran tabulados en la Norma Europea UNE-EN 12464- 1:2003. Iluminación de los lugares de trabajo. Cuya norma define los parámetros recomendados para los distintos tipos de áreas.

Identificación del tipo de lámpara a utilizar

Para trabajar con eficiencia, se buscó la mejor opción de implementación de luminarias, que es el caso de lámparas LED, ya que son de bajo consumo energético y alta iluminación.

Es por ello que del catálogo de Tecno Lite del año 2015 se seleccionó el modelo HB-LED/150W/47 por ser una lámpara de interior LED, la cual genera 11271 lm, y un consumo de 150 W.

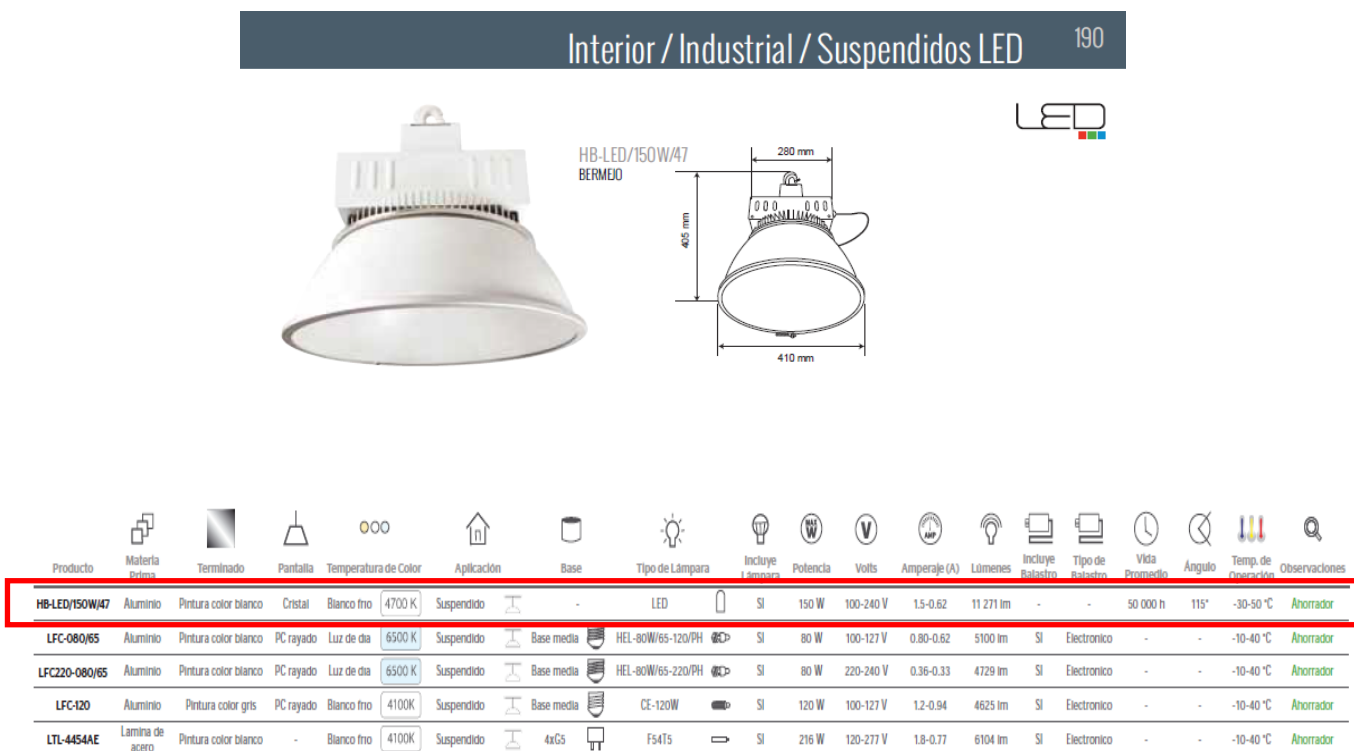


Figura 22. Tipo de luminaria.

Cálculo del Coeficiente de Utilización (C_u)

Indica la relación entre el número de lúmenes emitidos por la lámpara y los que llegan efectivamente al plano de trabajo, este valor lo proporciona el fabricante; para el tipo de lámpara a utilizar es un valor a 1.

Cálculo del índice del local (k).

El índice del local se obtiene a partir de la geometría del gimnasio (ancho, largo, alto) con fórmulas determinadas, ver tabla 12. Para el caso del gimnasio se seleccionó el tipo de iluminación

(directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa, de la tabla 12), ya que la fuente luminosa está dirigida hacia el área de trabajo.

Tabla 12. Índice del local.

Sistema de Iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 * a * b}{2 * (h + h') * (a + b)}$

De modo que,

$$k = \frac{(a)(b)}{h(a + b)} = \frac{(19.83m)(32.79m)}{4.65m (19.83m + 32.79m)} = 2.6574 \quad (5)$$

Cálculo del coeficiente de reflexión.

La reflexión de la luz depende del tipo de material o superficie en el que incide. Por lo tanto para el gimnasio se toman en cuenta colores claros tanto para techos, paredes y suelo.

Tabla 13. Coeficiente de reflexión.

Techo	Paredes	Suelo
Blanco y muy claro	Claro	Claro
0.7	0.5	0.3

Coeficiente de mantenimiento (C_m).

Este coeficiente hace referencia al grado de limpieza requerido para una óptima influencia en el flujo que emiten las lámparas. Para el caso del gimnasio se tomó en cuenta el C_m en limpio debido a la frecuencia de la limpieza del gimnasio.

Tabla 14. Coeficiente de mantenimiento.

Ambiente	Coeficiente de mantenimiento (C _m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Con todos los datos anteriores, se puede calcular el flujo luminoso total necesario del gimnasio usando la siguiente fórmula.

$$\Phi_T = \frac{(E_m)(S)}{(C_u C_m)} \quad (6)$$

Donde:

E_m = Nivel de iluminación media (en Lux)

Φ_T = Flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en Lúmens)

S = Superficie a iluminar en m²

Este flujo luminoso se ve afectado por los coeficientes de utilización (C_u) y mantenimiento (C_m).

De modo que:

$$\Phi_T = \frac{(E_m)(S)}{(C_u C_m)} = \frac{(300)(19.83m \cdot 32.79m)}{1(0.8)} = 243834.6375 \text{ Lúmens}$$

Determinar el número de luminarias que precisan alcanzar dicho nivel adecuado de iluminación.

$$NL = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L} \quad (7)$$

Donde:

NL= Número de luminarias.

Φ_T = Flujo luminoso total necesario en la zona o local

Φ_L = Flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

n= número de lámparas que tiene la luminaria.

De modo que:

$$NL = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L} = \frac{243834.6375 \text{ Lúmens}}{1(11271 \text{ Lúmens})} = 21.63$$

Por ser número con decimales se toma un total de 22 lámparas, necesarias para obtener los lúmenes deseados en el gimnasio.

Emplazamiento de luminarias

Teniendo el número mínimo de luminarias, se procede a distribuirla sobre la planta del gimnasio con el objetivo de averiguar la distancia a la que se deben instalar para iluminar uniformemente.

En locales de planta rectangular, para tener una iluminación uniforme, las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las formulas.

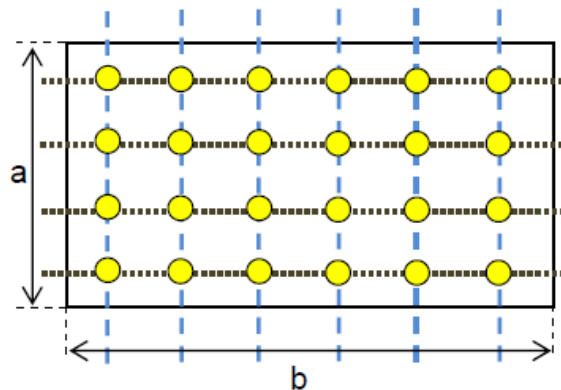


Figura 23. Distribución uniforme de luminarias

$$N_{ancho} = \sqrt{\left(\frac{N_{total}}{b}\right)}(a) = \sqrt{\left(\frac{21}{19.83m}\right)}(32.79m) = 5.89m = 6m \quad (8)$$

$$N_{largo} = (N_{ancho})\left(\frac{b}{a}\right) = (5.89m)\left(\frac{19.83m}{32.79m}\right) = 3.56m = 4m \quad (9)$$

Teniendo como resultado la siguiente distribución coquizado.

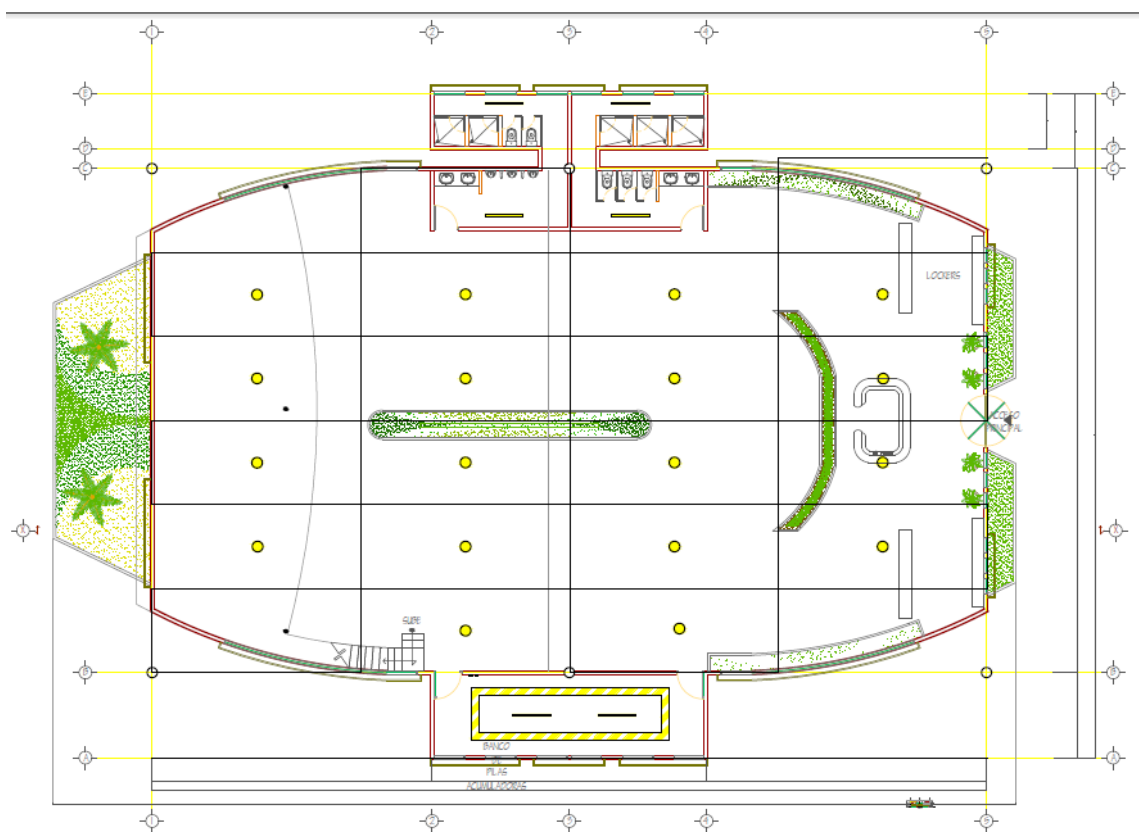


Figura 24. Distribución de luminarias en gimnasio.

Nota: Los cálculos se hicieron para un terreno rectangular, de modo que los planos del gimnasio tienen curvas en sus esquinas, permitiendo reducir el número de luminarias; referente a baños y banco de baterías, se agregaron lámparas suspendidas tipo LED de 40 W, con un total en lúmens de 1692. Los datos se obtuvieron del catálogo Tecno Lite del año 2015.

Tabla 15. Tipo de lámpara a utilizar.

Tipo de Lámpara	Ubicación	Número de Luminarias	Consumo en Watts	Total en Watts
HB- LED/150W/47	Interior Suspendida	18	150	2700
LFCLD-2201/S	Área de Servicios	6	40	240
ESTLED-20W/40	Área de Fortalecimiento	2	20	40
HLED-1800/9W/S	Exterior tipo Poste	20	9	180
			Total	3160 W

5.2.2 Demanda Energética en el Gimnasio.

En la siguiente tabla se muestra el consumo energético, para abastecer las necesidades de los diferentes tipos de consumidores eléctricos en el gimnasio.

Tabla 16. Demanda energética del gimnasio.

Concepto	Cantidad	Consumo en kW	Uso de Horas-Días	Consumo kWh/día	Consumo de kWh/año
Luminarias	18	0.1500	4	10.8	3110.40
Luminarias	6	0.0400	4	0.98	282.240
Luminarias	2	0.0200	4	0.16	46.080
Luminarias	20	0.0090	4	0.72	207.360
Sistema de Sonido	12	0.0400	17	8.16	2350.08
Computo	1	0.1200	17	2.04	587.520
Telefonía e Internet	2	0.0030	17	0.102	29.376
Sistema de Refrigerado	1	0.0448	24	1.076	393.000
Sistema de Ventilación	3	0.3700	17	18.87	5434.56
Caminadoras	3	1.9840	10	59.52	17141.76
Extras	-	-	-	-	200.000

Nota: Se obtiene un promedio energético de consumo de **7180.136 kWh/año**, para satisfacer la demanda energética que tiene el gimnasio y de esa manera dar buen servicio. Aclarando que estos cálculos van a variar debido al cambio de horario, días laborales, clima entre otros.

5.3 Generación Eléctrica en Base a Celdas Fotovoltaicas.

De acuerdo con los datos investigados en San Luis Potosí, el potencial de radiación solar es de 5 kWh/m²/día

Se estimó en 5° el ángulo de inclinación de los paneles en la dirección al Sur, para realizar el dimensionamiento de los Sistemas Fotovoltaicos.

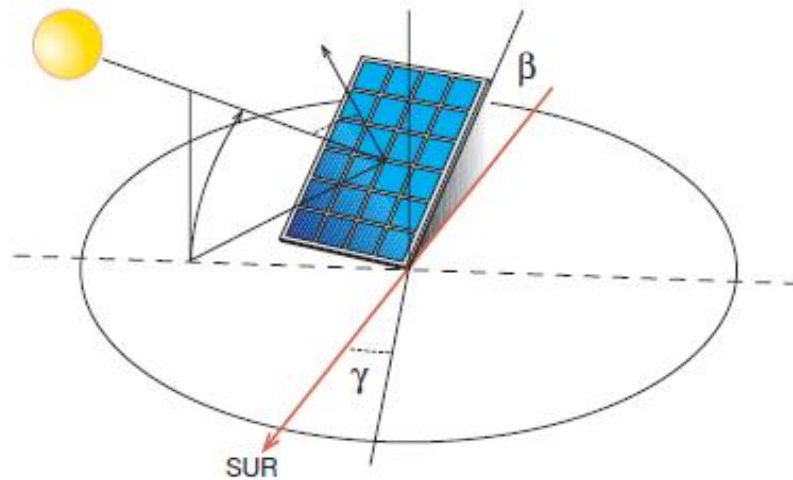


Figura 25. Ángulo de inclinación para paneles solares en SLP (5°).

Los cálculos del dimensionamiento solar se basaron en los paneles de la marca SUNTECH, Monocrystalline Solar Module STP325S/STP320S-24/vem, que cuenta con las siguientes especificaciones.

Tabla 17. Especificaciones técnicas de los paneles
Monocrystalline Solar Module STP325S/STP320S-24/vem marca
SUNTECH.

Mechanical Characteristics		
Solar Cell	Monocrystalline silicon 156.75 x 156.75 mm (6 inches)	
No. of Cells	72 (6 x 12)	
Dimensions	1956 x 922 x 40 mm (77.0 x 39.1 x 1.6 inches)	
Weight	25.8 kgs (56.9 lbs.)	
Front Glass	4.0 mm (0.16 inches) tempered glass	
Frame	Anodized aluminium alloy	
Junction Box	IP67 rated (3 bypass diodes)	
Output Cables	TUV (2Pfg1169:2007)	
	4.0 mm ² (0.006 inches ²), symmetrical lengths (-) 1100mm (43.3 inches) and (+) 1100 mm (43.3 inches)	
Connectors	Original (Amphenol) H4 connectors	
Electrical Characteristics		
STC	STP325S-24/Vem	STP320S-24/Vem
Maximum Power at STC (Pmax)	325 W	320 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	37.1 V	36.9 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.77 A	8.69 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.8 V	45.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.28 A	9.21 A
Module Efficiency	16.70%	16.50%
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C	
Maximum System Voltage	1,000 V DC (IEC)	
Maximum Series Fuse Rating	20 A	
Power Tolerance	0/+5%	

Dimensionamiento de paneles en la techumbre.

Para determinar el número de paneles que llevará la techumbre del gimnasio, se debe primeramente considerar la superficie donde serán colocados; dando como resultado un área de 650.22m², considerando el área de cada panel da como resultado una superficie de 1.94 m².

Lo que proyectan los cálculos es un espacio para colocar 285 paneles, acomodados en 15 cadenas de 19 paneles cada una.

Se quiere precisar que la techumbre tiene capacidad para más paneles, pero optimizando sus aplicaciones, permitiendo la entrada de luz natural a todo el gimnasio, se dejó un espacio entre cada

cadena colocando traga luz o domos, reduciendo el consumo de energía de las luminarias durante el día.

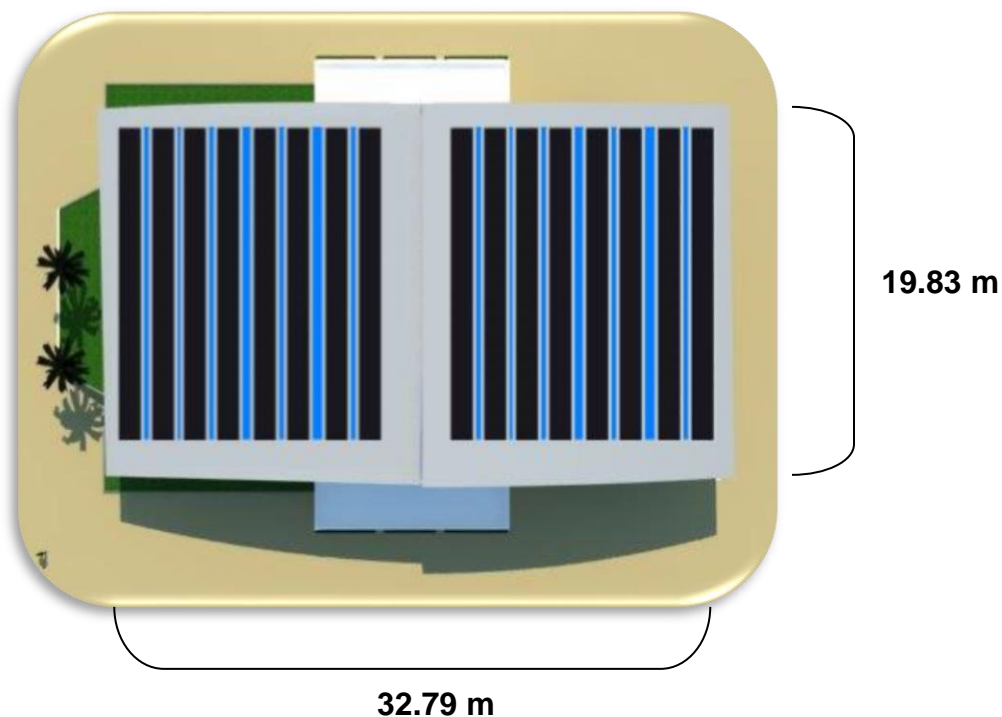


Figura 26. Dimensionamiento de paneles en la techumbre.

Tomando en cuenta el modelo de panel seleccionado nos da como resultado una máxima generación de 320 W en condiciones óptimas, concluyendo lo siguiente.

Generación en watts de los paneles.

$$(320 W)(285 \text{ Paneles}) = 91200 W$$

Potencia diaria en solsticio de verano.

$$(91200 W)(13.12 \text{ horas}) = 1196544 W = 1196.44 \text{ kWh/día}$$

Potencia diaria en solsticio de invierno.

$$(91200 W)(10.48 \text{ horas}) = 955776 W = 955.776 \text{ kWh/día}$$

Potencia anual.

$$\begin{aligned} & (1196.44 \text{ kWh/día})(179 \text{ días}) + (955.776 \text{ kWh/día})(186 \text{ días}) \\ & = 217752.08 \text{ kW} + 173951.232 \text{ kW} = 391937.096 \text{ kWh/año} \end{aligned}$$

Nota: Los 179 días equivalen al solsticio de verano y los 186 días equivalen al solsticio de invierno, además en los cálculos también se toma en cuenta las horas luz de cada solsticio.

Se tienen que tomar en cuenta las pérdidas por calor en la instalación y en los equipos del 5%; de modo que la generación de energía solar en los sistemas fotovoltaicos es de 372340.241 kWh/año.

5.4 Generación Eléctrica en Base a Elementos Cardiovasculares

Las nuevas tecnologías permiten aprovechar el ejercicio humano y convertirlo en electricidad, creando un entorno sustentable, sin emisión de CO₂ y con un ambiente limpio; al mismo tiempo que proporciona bienestar y salud en las personas que realizan la actividad.

Los valores en Watts que generan las máquinas cardiovasculares son obtenidos gracias a un dinamómetro que mide el torque/energía/Watts para los diferentes niveles de velocidad y resistencia. Seguido de ello el ordenador da el resultado con una precisión de $\pm 10\%$.

Los diferentes elementos cardiovasculares queman calorías pero cada una a diferente ritmo. Así mismo, fortalecen el sistema cardiovascular, y con un mecanismo acoplado, se puede aprovechar la energía cinética de las personas generando energía eléctrica.

5.4.1 Bicicleta

Los resultados obtenidos en este equipo cardiovascular, se muestran en la tabla 19, la generación varía dependiendo de la persona

Tabla 18. Watts generados en Bicicletas.

r.p.m.	RESISTENCIA							
	1	2	3	4	5	6	7	8
50	26	36	47	57	68	78	89	100
60	31	44	56	70	82	94	107	119
70	36	51	66	81	95	110	125	140
80	42	58	75	92	109	126	143	160
90	47	65	85	104	123	142	161	180

Revoluciones por Minuto
Número de Resistencia
W Generados

Se dio como resultado, que de una muestra de 50 personas de sexo, edad y compleción diferente que participaron en la investigación, el 45% solo calentaban para después realizar otro ejercicio, el 55% la utilizaban para mejorar su rendimiento. De modo que los rangos de generación de Watts oscilan entre la resistencia 3 y la resistencia 6; con velocidades de 60 a 80 revoluciones por minuto.

Dando como resultado un promedio de 95 W de generación.

Generación en Watts de las Bicicletas.

$$(95W)(43 \text{ Bicicletas}) = 4085 W$$

Potencia al día

$$(4,085W)(8 \text{ horas}) = 32680 \text{ Wh/día} = 32.68 \text{ kWh/día}$$

Potencia al año

$$(32.68 \text{ kWh/día})(288 \text{ días}) = 9411.84 \text{ kWh/año}$$

Nota: los 288 equivalen a los días hábiles sin tomar en cuenta los días festivos.

5.4.2 Elíptica fija

Los resultados obtenidos en este equipo cardiovascular, se muestran en la tabla 20, la generación varía dependiendo de la persona.

Tabla 19. Watts generados en Elíptica Fija.

s.p.m.	RESISTENCIA 1																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
80	50	51	51	54	54	55	55	58	60	60	61	62	62	65	66	66	66	69	71	71
90	57	58	58	60	61	62	64	65	65	66	68	69	71	72	71	73	75	76	78	78
100	62	64	65	66	68	69	69	69	72	72	73	75	76	78	79	78	82	81	83	86
110	69	71	72	73	73	75	76	78	79	80	80	82	83	85	86	87	87	89	90	92
120	76	78	78	79	80	82	83	83	85	86	87	89	90	92	92	93	91	94	97	99
130	83	83	85	86	87	89	89	90	92	93	94	96	96	97	99	100	101	101	104	104
140	89	90	92	93	94	94	96	96	99	100	100	101	101	104	106	106	108	108	110	115
150	96	97	99	99	100	101	101	104	104	106	107	108	108	110	111	110	114	115	115	118
160	103	103	104	106	107	108	110	110	110	113	114	115	114	117	118	118	120	122	121	122
170	108	110	111	113	114	114	115	117	118	120	120	121	122	124	125	126	126	126	129	131

s.p.m	RESISTENCIA 5																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
80	55	55	56	55	60	61	62	62	64	65	66	68	68	72	71	72	73	75	75	75
90	60	65	66	66	68	71	71	72	72	73	76	76	76	79	79	80	82	83	85	85
100	71	73	73	72	76	78	79	80	82	83	83	84	86	86	89	89	89	91	93	94
110	80	82	83	83	86	87	87	89	89	92	93	94	97	97	97	99	101	101	101	103
120	90	92	92	93	94	94	99	99	101	100	103	103	104	105	106	107	108	110	111	111
130	100	101	100	103	103	104	106	107	108	108	110	111	111	114	115	115	117	118	118	118
140	108	108	108	111	112	113	114	117	117	118	119	120	121	122	124	125	125	126	128	128
150	117	117	118	120	121	122	123	124	125	125	126	129	130	131	132	133	135	136	136	138
160	125	126	125	128	129	131	132	133	133	133	135	138	139	140	140	142	142	144	146	147
170	133	135	136	134	139	139	142	142	143	145	145	146	147	149	151	152	154	154	154	156

s.p.m	RESISTENCIA 10																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
80	61	62	64	64	65	66	68	69	71	71	72	73	74	76	78	78	79	80	82	83
90	72	73	75	76	78	78	79	80	82	83	85	85	86	85	86	89	93	92	93	94
100	85	85	86	85	89	90	92	92	93	94	96	97	96	97	100	100	103	104	104	106
110	96	94	99	99	100	104	103	104	104	106	107	109	110	111	111	113	114	115	117	118
120	104	106	110	111	111	113	114	118	117	118	118	120	121	122	124	123	125	126	128	127
130	117	120	121	122	121	125	125	125	128	129	131	131	131	133	135	136	138	140	139	142
140	128	129	128	133	135	134	138	139	139	138	142	143	142	143	145	147	149	150	151	150
150	142	140	144	146	145	147	149	150	152	152	153	154	156	157	159	159	160	163	163	164
160	153	153	156	154	154	159	160	161	163	164	166	166	169	168	170	173	172	171	170	175
170	167	166	167	168	170	171	173	173	175	174	177	178	183	182	183	181	183	185	185	186

s.p.m	RESISTENCIA 15																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
80	66	68	69	70	71	73	73	75	75	78	79	79	80	82	83	85	86	86	87	89
90	82	83	83	84	85	87	87	89	90	92	93	94	96	96	97	99	101	101	101	103
100	96	97	99	100	105	106	105	108	107	106	107	108	109	111	111	113	114	115	117	120
110	114	113	113	114	114	115	117	117	119	121	122	122	121	125	126	128	128	129	132	134
120	128	128	127	126	125	129	131	133	133	135	136	137	138	139	140	142	143	145	145	146
130	139	140	139	141	140	143	143	143	145	148	150	152	154	154	154	156	157	159	160	160
140	151	154	157	157	159	159	160	161	162	163	164	166	167	168	170	170	171	173	174	175
150	167	168	170	171	172	173	174	175	178	178	180	181	181	182	184	185	186	186	188	189
160	182	182	183	184	185	187	188	190	191	192	193	195	196	196	198	199	200	202	203	203
170	196	198	201	200	202	202	203	205	204	206	207	210	210	212	213	213	214	216	218	219

s.p.m	RESISTENCIA 20																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
80	73	75	75	76	78	79	80	82	82	83	85	86	87	89	89	90	92	94	94	96
90	90	90	90	92	94	96	97	99	100	100	101	103	104	106	107	107	109	110	111	114

Zancadas por minuto
Nivel de Altura
Número de Resistencia
W Generados

Se dio como resultado, que de una muestra de 46 personas de sexo, edad y compleción diferente, que participaron en la investigación, el 95% sólo calentaban para después realizar otro ejercicio, el 5% la utilizaban para mejorar su rendimiento. De modo que los rangos de generación de Watts oscilan entre la resistencia 1 y la resistencia 10; con velocidades de 100 a 140 s.p.m. (Zancadas por minuto).

Dando como resultado un promedio de 101.73 W de generación.

Generación en Watts de las Elípticas Fijas.

$$(101.73W)(14 \text{ Elípticas Fijas}) = 1424.27 W$$

Potencia al día

$$(1424.27W)(8 \text{ horas}) = 11394.13 \text{ Wh/día} = 11.39 \text{ kWh/día}$$

Potencia al año

$$(11.39 \text{ kWh/día})(288 \text{ días}) = 3281.51 \text{ kWh/año}$$

Nota: los 288 equivalen a los días hábiles sin tomar en cuenta los días festivos.

5.4.3 Elíptica Móvil

Los resultados obtenidos, se muestran en la tabla 21, la generación varía dependiendo de la persona

Tabla 20. Watts generados en Elíptica Móvil.

Elíptica Móvil.									
s.p.m.	Resistencia 2	Resistencia 4	Resistencia 6	Resistencia 8	Resistencia 10	Resistencia 12	Resistencia 14	Resistencia 16	Resistencia 18
70	50	52	60	72	87	101	119	141	164
80	55	61	70	82	99	116	137	162	186
90	61	70	79	92	112	130	153	183	205
100	67	76	86	103	125	144	171	202	234
110	74	83	96	113	136	158	188	222	258
120	81	91	105	124	149	172	205	243	280
130	86	101	114	134	162	189	219	264	304

Velocidad
Número de Resistencia
W Generados

Se dio como resultado, que de una muestra de 63 personas de sexo, edad, compleción que participaron en la investigación, el 98% sólo calentaban para después realizar otro ejercicio, el 2% la utilizaban para mejorar su rendimiento. De modo que los rangos de generación de Watts oscilan entre la resistencia 2 y la resistencia 10; con velocidades de 90 a 110 s.p.m. (Zancadas por minuto).

Dando como resultado un promedio de 91.53 W de generación.

Generación en Watts de las Elípticas Móviles.

$$(91.53W)(10 \text{ Elípticas Móviles}) = 915.33 W$$

Potencia al día

$$(915.33W)(8 \text{ horas}) = 7322.66 \text{ Wh/día} = 7.32 \text{ kWh/día}$$

Potencia al año

$$(7.32 \text{ kWh/día})(288 \text{ días}) = 2108.92 \text{ kWh/año}$$

Nota: los 288 equivalen a los días hábiles sin tomar en cuenta los días festivos.

5.4.4 Remadora

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 22, la generación varía dependiendo de la persona

Tabla 21. Watts generados en Remadora.

Remadora CrossFit		
Resistencia	Velocidad m/s	
	20	30
1	10	57
2	11	61
3	13	66
4	15	69
5	16	73
6	17	75
7	22	78
8	24	81
9	29	83
10	31	85

Velocidad m/s
Número de Resistencia
W Generados

Se dio como resultado, que de una muestra de 27 personas de sexo, edad, compleción que participaron en la investigación, el 17.5% sólo calentaban para después realizar otro ejercicio, el 82.5% la utilizaban para mejorar su rendimiento. De modo que los rangos de generación de Watts oscilan entre la resistencia 4 y la resistencia 9; con velocidades de 30 m/s.

Dando como resultado un promedio de 76.5 W de generación.

Generación en Watts de las Remadoras.

$$(76.5W)(5 \text{ Remadoras}) = 382.5 W$$

Potencia al día

$$(382.5W)(8 \text{ horas}) = 3060 \text{ Wh/día} = 3.06 \text{ kWh/día}$$

Potencia al año

$$(3.06 \text{ kWh/día})(288 \text{ días}) = 881.28 \text{ kWh/año}$$

Nota: los 288 equivalen a los días hábiles sin tomar en cuenta los días festivos.

5.5 Sistema Solar Térmico

Los resultados de la simulación para el abastecimiento de agua caliente sanitaria (ACS) de un sistema de calentamiento solar térmico del gimnasio que se propone en esta investigación, se realizaron con el Software ACSOL 2.5 (Configuración: calefacción + ACS) con datos de SLP a 22° de Latitud; con consumos de 500 litros diarios y con promedios de Insolación Solar tomadas del documento titulado: Insolación Solar en México, reportes de Insolación de México. Southwest Technology Development Institute, NMSU, 1999.

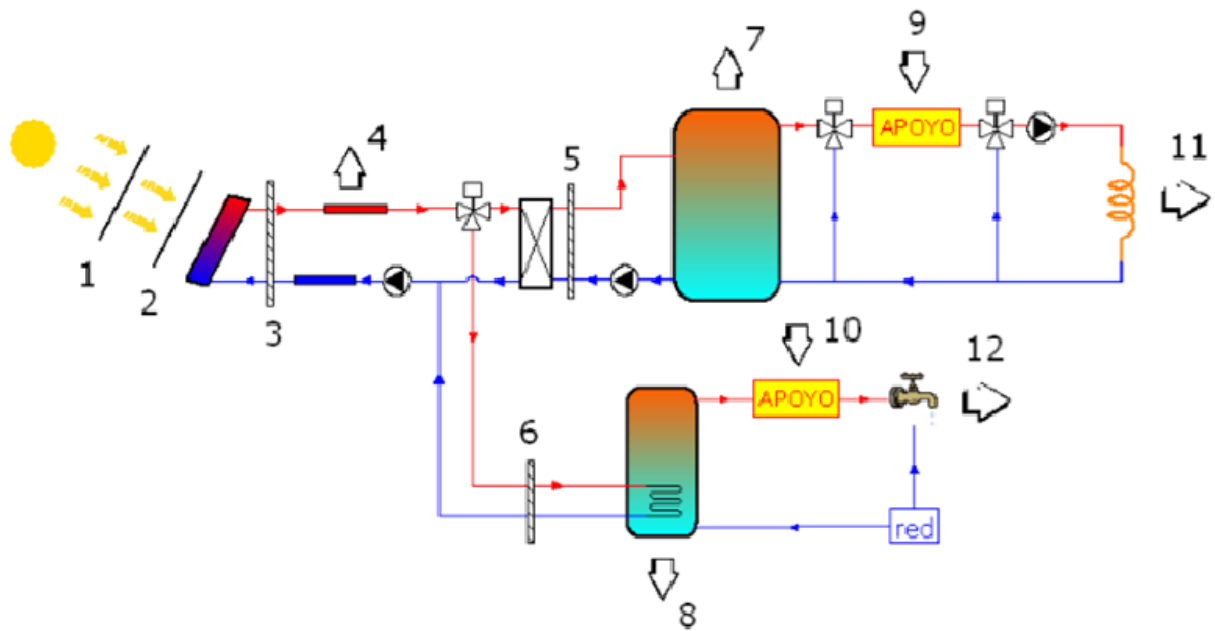


Figura 27. Esquema del Sistema de Calentamiento Solar (ACSOL 2.5).

De acuerdo al software ACSOL 2.5, la energía natural del sol que emite al ambiente es de 11931.18 kWh/año, y la energía que absorbe el sistema es de 11942.01 kWh/año. Se asume un 10% de pérdidas globales y una necesidad de consumo energético para abastecer la demanda de A.C.S de 7385.10 kWh/año. Lo que significa un ahorro considerable de electricidad ya que se abastece gracias a la energía solar, teniendo mejores beneficios para el ambiente.

Tabla 22. Resultado del sistema solar térmico en el software ACSOL
2.5.

Flujo	Energía (kWh/año)
(1) Radiación incidente sobre orientación óptima	11931.18
(2) Radiación final sobre captadores (tras descontar las pérdidas por orientación y sombras)	11942.01
(3) Energía cedida por los captadores al fluido primario	3863.97
(4) Pérdidas en las tuberías del primario	185.52
(5) Energía transferida en el intercambiador de calor de calefacción	611.17
(6) Energía transferida en el intercambiador de calor de ACS	3014.17
(7) Pérdidas del acumulador de calefacción	455.93
(8) Pérdidas del acumulador de ACS	456.89
(9) Energía cedida por el sistema de apoyo al circuito de calefacción	2181.41
(10) Energía cedida por el sistema de apoyo al circuito de ACS	4794.90
(11) Demanda de calefacción	2313.15
(12) Demanda de A.C.S.	7385.10

6. DISCUSIÓN

En nuestro país hay un total de 24006357 hogares, de los cuales 588864 no disponen de energía eléctrica, debido a que se encuentran dispersos y están en terrenos de difícil acceso, sin caminos ni otro tipo de infraestructura, lo que dificulta la extensión de las líneas de electricidad.

En el portal de la Comisión Federal de Electricidad hacen mención que el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, su Reglamento, así como en el Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012; ahora se puede instalar en el domicilio o negocio, una fuente de energía renovable propia o sistema de cogeneración en pequeña o mediana escala y realizar un contrato de interconexión con CFE.

El realizar un contrato de interconexión en pequeña o media escala contribuirá en la utilización de tecnologías limpias para generar energía eléctrica. Ya no es necesario tener un banco de baterías para producir electricidad por medio de paneles solares u otro medio de generación en México, CFE permite estar conectado a la red eléctrica y utilizar la electricidad que ofrece sólo cuando el sistema que demanda no está produciendo. Esto disminuye el consumo considerablemente, dependiendo de la capacidad de producción de tu sistema solar u otro medio de generación.

Existen incentivos fiscales para todo comprador de paneles solares, según la Ley del ISR Artículo 32 fracción XXVI, es posible deducir el 100% de tu inversión inicial en un solo ejercicio fiscal beneficiando al contribuyente con hasta un 30% de ahorro en la compra de un sistema solar.

Es por ello que la idea central de este proyecto de investigación fue diseñar y proyectar un gimnasio autosustentable, teniendo como hallazgo; la combinación de diferentes fuentes de generación de energía renovable, tales como la energía solar aprovechada con celdas fotovoltaicas y la energía cinética de los usuarios del gimnasio aprovechada al hacer ejercicio por medio de un mecanismo para generar energía eléctrica.

Logrando realizar el cálculo de la generación y la demanda, dando como resultado una respuesta satisfactoria para tomar en cuenta una nueva alternativa de generación eléctrica en el estado de San Luis Potosí.

El pionero fue Adam Boesel, pues en el 2007 planteó que sería interesante generar electricidad a través del ejercicio físico y llevarla a la red. A través de esta iniciativa tan innovadora se crearon los gimnasios “The Green Microgym”, que apuestan por la sostenibilidad y por generar una huella de carbono que sea lo más pequeña posible.

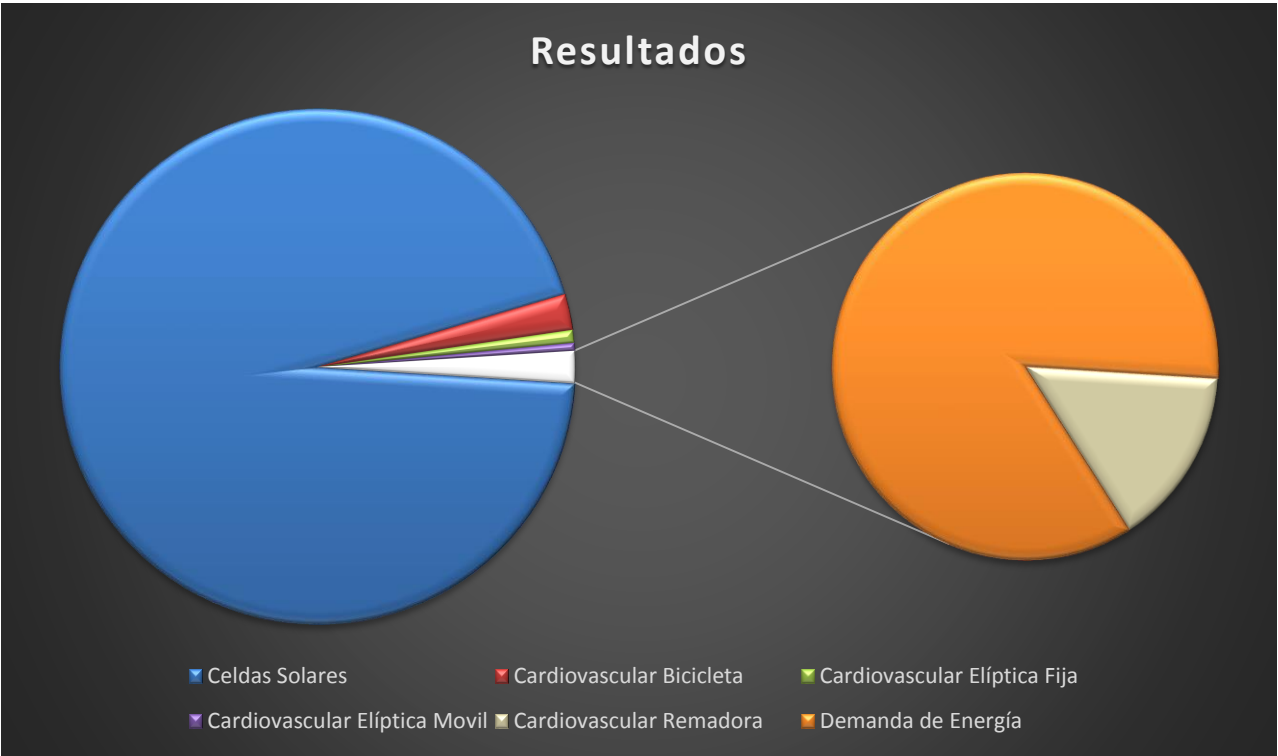
En base a la publicación titulada Gimnasio Ecológico que crea su propia Energía, Adam Boesel observó que con esa idea consiguió un ahorro asombroso en energía, en concreto:

Se ahorra un 85% (37000 kilovatios hora) de energía en comparación con un gimnasio convencional durante el 2010.

Una compañía británica The Great Outdoor Gym Company ha creado gimnasios gratuitos al aire libre, que al hacer ejercicio aprovecha la potencia de los deportistas y crean electricidad.

Tótaró (2015) en su artículo: Se vienen los gimnasios ecológicos; hace énfasis en el uso eficiente del agua y la energía eléctrica, en el reciclado de basura y el empleo de materiales biodegradables.

Los resultados obtenidos en este proyecto de investigación, se encuentran resumidos en la gráfica 8.



Gráfica 8. Resumen de Resultados.

Se puede apreciar que el total de generación de los diferentes elementos, tanto Celdas Fotovoltaicas como Cardiovasculares es de 407620.646 kWh/año, mientras que la demanda para abastecer las necesidades energéticas del gimnasio son de 7180.136 kWh/año. Lo que significa que de la generación total que se tiene solamente el 1.76% se utiliza para consumo propio del gimnasio y el 98.4% es energía que se puede conectar a la red eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad para ser utilizado en otro sitio.

7. CONCLUSIONES

El sector eléctrico se encuentra en un panorama de incertidumbre, donde la rentabilidad depende de la capacidad de producción, sin dejar de lado la disponibilidad, seguridad y fiabilidad.

Debido a la creciente demanda de energía y al alto nivel de contaminación producida por combustibles fósiles se concluye que:

- Implementar un gimnasio cuya potencia generada sea de 407 MWh/año, logrando diversificar la oferta energética.
- Según datos de la Secretaria de Energía en su documento de Datos Técnicos de las principales Centrales de CFE en operación en 2012, la Central Termoeléctrica de Villa de Reyes tuvo una generación de 3433 GWh/año, lo que significa que el gimnasio puede abastecer el 0.01% de la demanda de dicha Termoeléctrica, con la ventaja de no emitir CO₂.
- El desarrollo de la generación de energía eléctrica en base a la energía cinética ayudará a tener una cultura enfocada al cuidado del ambiente, al ahorro de energía y el fomento del ejercicio.
- Implementar sistemas cardiovasculares para generar energía eléctrica en el hogar, comercio, reclusorios, entre otros, con el objetivo de reducir el consumo de energía procedente de fuentes fósiles.

RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS POSTERIORES.

Para este proyecto se recomienda seguir generando nuevos estudios, que hagan énfasis en el área financiera, es decir, los costos de aplicación del proyecto; debido a que este proyecto es una propuesta y no se sabe exactamente cuándo se va a implementar, los costos de materiales pueden variar y no pueden considerarse para dar una respuesta final, además de que se pueden generar nuevas tecnologías para rediseñar el proyecto si así lo requiera y poder efectuarlo, como es el caso de la elección de los paneles solares, cada año se mejora esta tecnología, generando Celdas Fotovoltaicas del mismo tamaño pero más eficientes y con mayor producción de Watts, por lo cual, en los próximos años quedarían obsoletos los paneles que se seleccionaron en este trabajo de investigación.

Pensando en cuestiones ambientales este proyecto es viable para la generación de energía eléctrica y en cuanto a cuestiones económicas la inversión es muy alta. Cambiando el paradigma del costo inicial elevado, se argumenta que toda nueva tecnología es costosa y que si no se hace nada para tratar de conservar el planeta de la manera más sana y a tiempo, todos los recursos naturales que se utilizaban para abastecer la demanda de la humanidad se extinguirán y será demasiado tarde, además de que al paso del tiempo, mayor inversión.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 1 AIE. (2004). *World Energy Outlook 2004*. AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGIA. París: IEA.
- 2 Alberdi, G. I. (2001). *Evaluación de la Carga Física de Trabajo UNE-EN 28996 Calor metabólico*. Recuperado el 19 de Mayo de 2014, de <http://www.ergokprevencion.org/Organizador/Doc/Calor%20metabolico%20K%20V01.pdf>
- 3 Anónimo (Conade), Comisión Nacional del Deporte. (2012). *Censo Nacional de Infraestructura Física*. Recuperado el 08 de Mayo de 2014, de www.deporte.org.mx/censo/listado.asp
- 4 Anónimo. (2007). *What is Biomimicry?* (T. B. Institute, Editor) Recuperado el 19 de Mayo de 2014, de <http://www.biomimicryinstitute.org/about-us/what-is-biomimicry.html>
- 5 Anónimo. (2008). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017*. Secretaría de Energía. México: SENER.
- 6 Anónimo. (4 de Junio de 2010). *Costo de Producción de Electricidad en México*. (B. d. CEMAER, Ed.) Recuperado el 24 de Enero de 2015, de ENERGÍAS RENOVABLES: <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2010/04/06/costo-de-produccion-de-electricidad-en-mexico/>
- 7 Anónimo. (2010). *Estado de San Luis Potosí*. Secretaría de Desarrollo Económico. San Luis Potosí: Gobierno del Estado de San Luis Potosí.
- 8 Anónimo. (2011). *Cuaderno de Aplicaciones Técnicas n.º10*. Barcelona: ABB.
- 9 Anónimo. (2012). *NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización)*. México: Secretaría de Energía.
- 10 Anónimo. (2012). *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*. México: Gobierno Federal. Obtenido de http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PER_2012-2026.pdf
- 11 CONAPO. (2006). *Proyecciones la población de México 2005-2050*. Obtenido de http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/proyecciones_estatales/Proy05-50.pdf

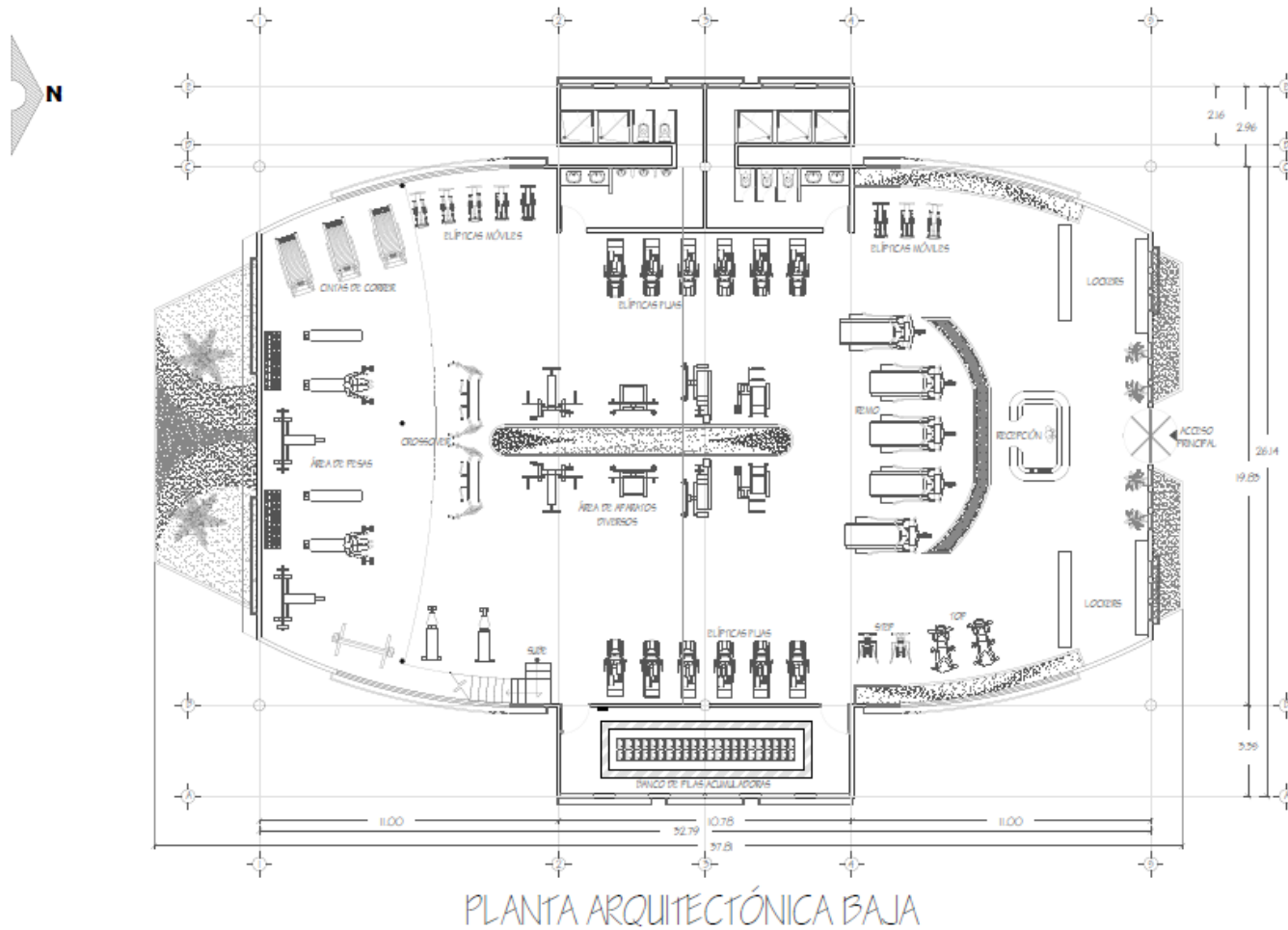
- 12 Durán, L. J. (2008). *Zoomorfismo y bio-arquitectura. Entre la analogía formal y la aplicación de los principios de la naturaleza*. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.
- 13 García, C. D., Cardenal, J., & Allende, A. (2005). *Biomímesis y la economía de la forma. Un camino hacia la arquitectura sostenible y el urbanismo ecológico*. Madrid: alfa301.
- 14 García, E. R. (2013). *Proyección sobre energía eléctrica en México mediante la Identidad de Kaya*. UNAM. México: Economía Informa.
- 15 González, J. M. (Octubre-Diciembre de 2009). *La generación eléctrica a partir de combustibles fósiles*. Obtenido de Boletín IIE:
<http://www.iie.org.mx/boletin042009/divulga.pdf>
- 16 IEA. (2011). *World Energy Outlook 2011*.
- 17 INEGI, CONADE. (2014). *Estadísticas de Práctica Deportiva y Ejercicio Físico*. Aguascalientes: INEGI.
- 18 ISO. (2004). *ISO 8996*. Recuperado el 18 de Mayo de 2014, de Ergonomics of the thermal environment -- Determination of metabolic rate:
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=34251
- 19 ISOTools Excellence. (2011). *La Norma ISO 50001:2011 y la Gestión de la Energía. Una baja de costos y una mejora de la eficiencia energética de las Organizaciones*. Argentina.
- 20 Jiménez, B., Vicente, A., & Mariano. (1995). *Iluminación y Color*. Valencia: UPV.
- 21 Juárez, A. S. (2012). *CURSO DE ESPECIALIZACIÓN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INTERCONECTADOS A LA RESD*. México: Centro de Investigación en Energía, UNAM.
- 22 Kaya, Y. (1990). *Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios, Paper presented to the IPCC Energy and Industry Subgroup*. Paris: Response Strategies Working Group.
- 23 Kent, V. (2008). *Apuntes de Mecanismos*. Elche.
- 24 Lemke, W. (10 de Mayo de 2011). "ONU destaca papel del deporte en impulso a la paz y el desarrollo". *ONU noticias*.

- 25 Maldonado, D. A. (2001). *Capacidad física Aeróbica y Gasto Energético en Puestos de Trabajo de Laminación de una Empresa de Artes Gráficas*. Monterrey, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- 26 Martínez, B. T. (s.f.). *BIBLIOTECA VIRTUAL de Derecho, Economía y Ciencias Sociales*. Recuperado el 16 de Mayo de 2014, de DIAGNÓSTICO DE LA ACTIVIDAD GANADERA EN EL MUNICIPIO DE CIUDAD VALLES, SAN LUIS POTOSÍ 2000-2005: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2010e/808/Ley%20de%20Energia%20para%20el%20Campo.htm>
- 27 Paullada, P. O. (s.f.). *Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Recuperado el 16 de Mayo de 2014, de <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/2/957/21.pdf>
- 28 Pearce, P. (1978). *"Structure in nature: is as strategy for design"*. London: The MIP Press Cambrige.
- 29 PNUD. (2004). World Energy Assessment. *update*. PNUD.
- 30 Pública, C. d. (2012). *Práctica Deportiva en México*. México: CESOP.
- 31 Racotta, R. (2001). *Metabolismo Energético en el Humano, Un enfoque cuantitativo*. México: Tresguerras.
- 32 Riechmann, J. (2003). Biomímesis. *El Ecologista*(36).
- 33 Rossi, L. (2009). *Arquitectura y Biomimesis, Análisis del tejido del cactus para modelos arquitectónicos inspirados en la naturaleza*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- 34 Sepúlveda, E. M. (2010). *Física en Línea*. Recuperado el 27 de Mayo de 2014, de Energía Cinética: <https://sites.google.com/site/timesolar/energia/energiacinetica>
- 35 Serra, F. R., & Coch , R. H. (1995). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL.
- 36 Stedman, P. (1982). *Arquitectura y Naturaleza. La analogía biológica en el diseño*. Madrid: Blumes Ediciones.
- 37 Thompson, D. W. (1969). *Crecita e Forma. La geometria della natura*. Torino: Boringhieri.

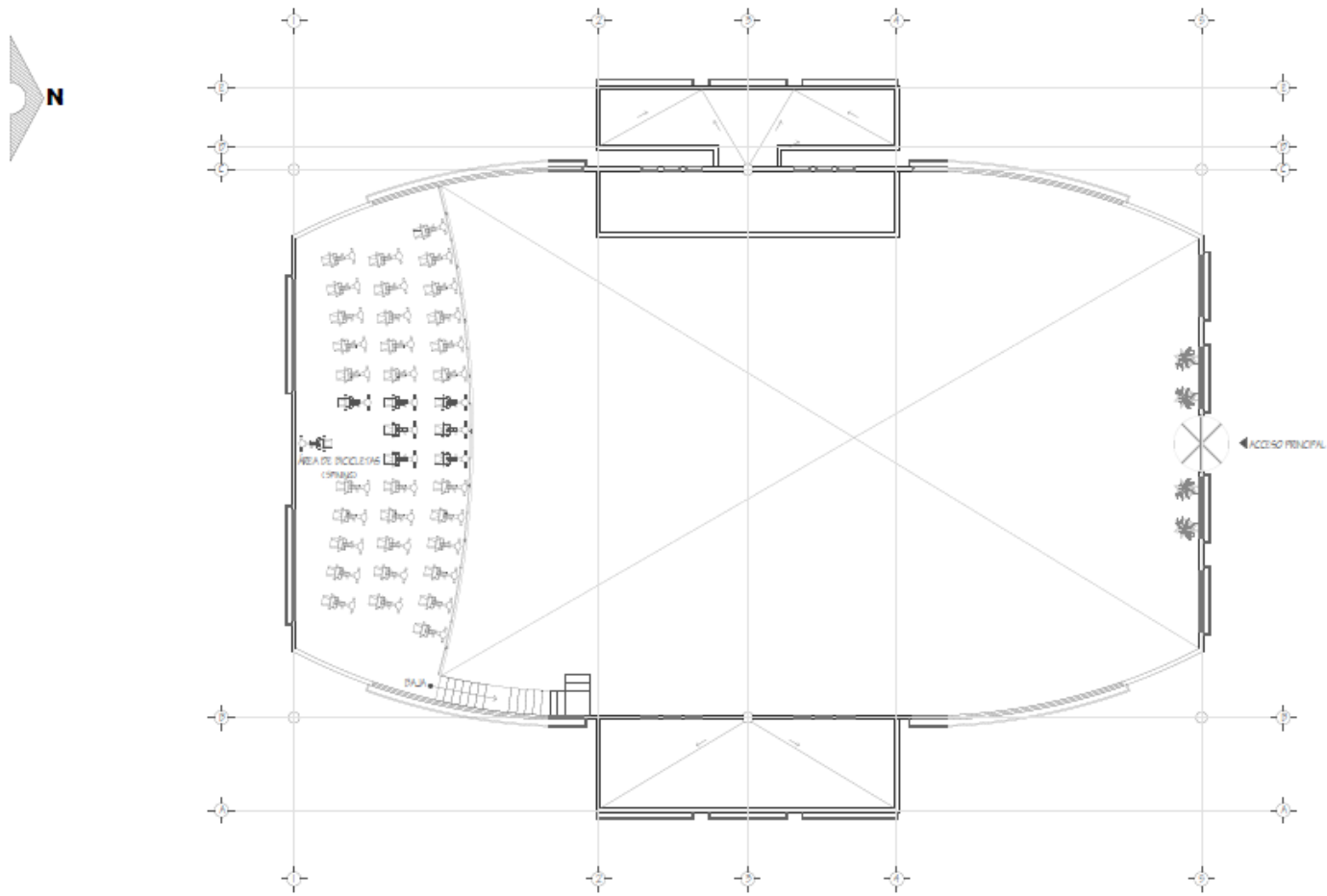
- 38 Torres, N. (Noviembre de 2011). Gimnasios Verdes: al cuidado del medio ambiente. *Clubes & Gimnasios*, 39, 9-13. Recuperado el 2 de Diciembre de 2014, de <http://cygmx.com.mx/revistas/PDF/39.pdf>
- 39 Tsui, E. (1999). *Evolutionary architecture : nature as a basis for design*. New York: John Wiley.
- 40 Unión, C. d. (2008). *LEY DE LA COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA*. México: CONGRESO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.
- 41 Velo G., E. (2013). *Desafíos del sector de la energía como impulsor del desarrollo humano*. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona: Grupo de Investigación en Cooperación para el Desarrollo Humano.
- 42 Vogel, S. (2000). *Anca y palanca. Mecánica natural y mecánica humana*. Barcelona: Tusquets.
- 43 Weinstock, M. (1998). *TS: artefacts and instruments: material forms and formulation of thoughts*. London: Architectural Association.
- 44 Wildi, T. (2006). *Maquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. (Sexta ed.). Distrito Federal, México, México: Pearson Educación.

9. ANEXOS.

9.1 Planta Arquitectónica Baja

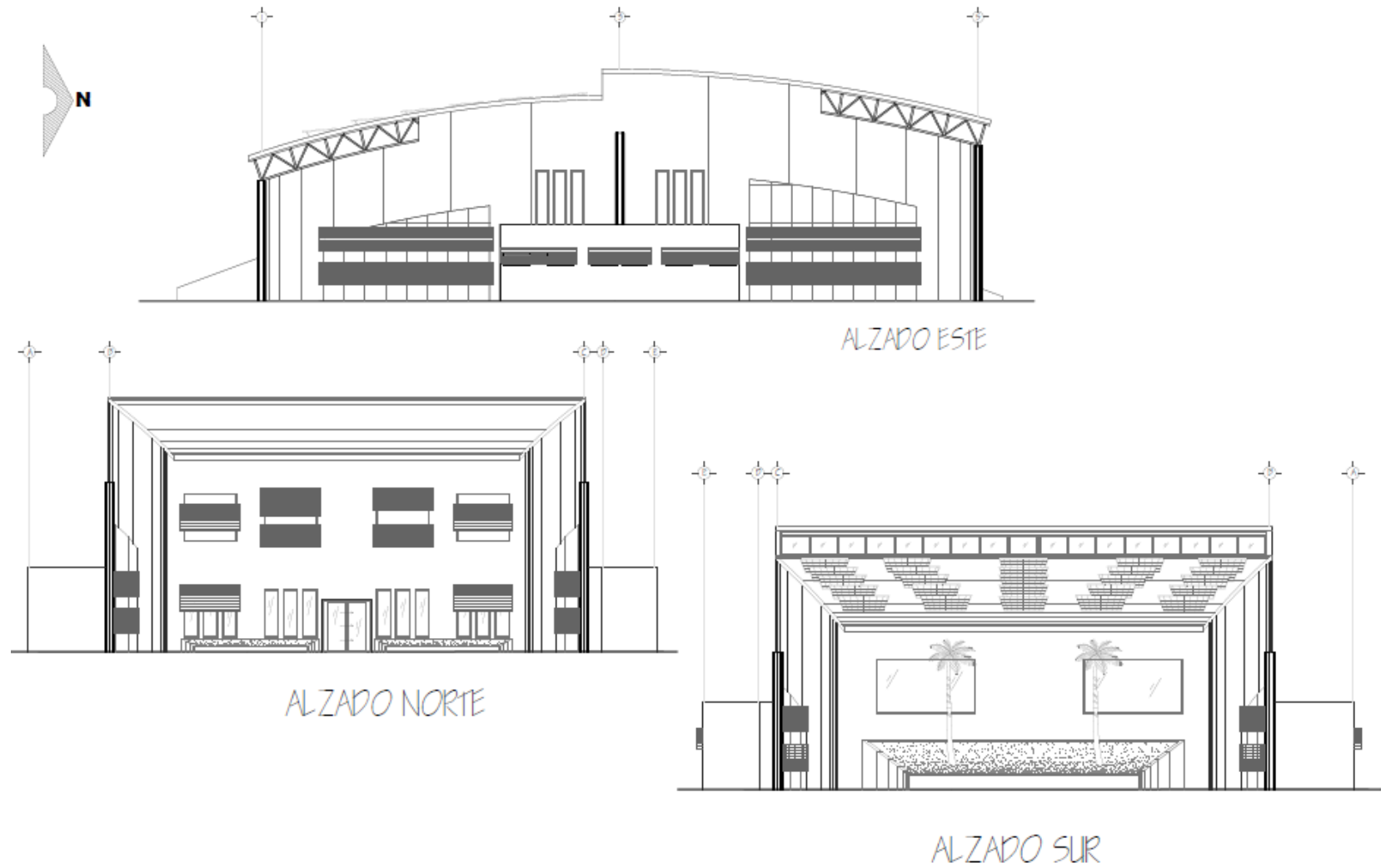


9.2 Planta Arquitectónica Alta



PLANTA ARQUITECTÓNICA ALTA

9.3 Alzados de Fachada



9.4 Render Frontal Gimnasio



9.5 Render Posterior Gimnasio

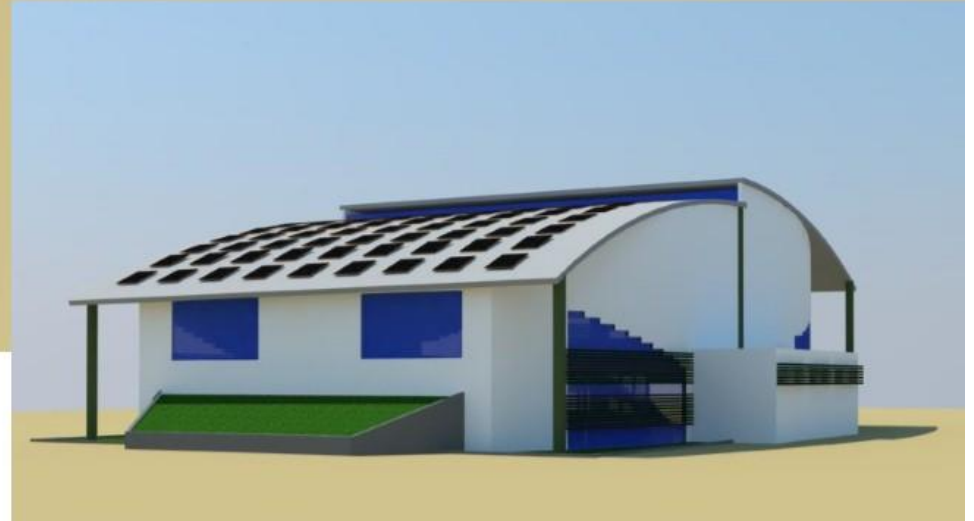
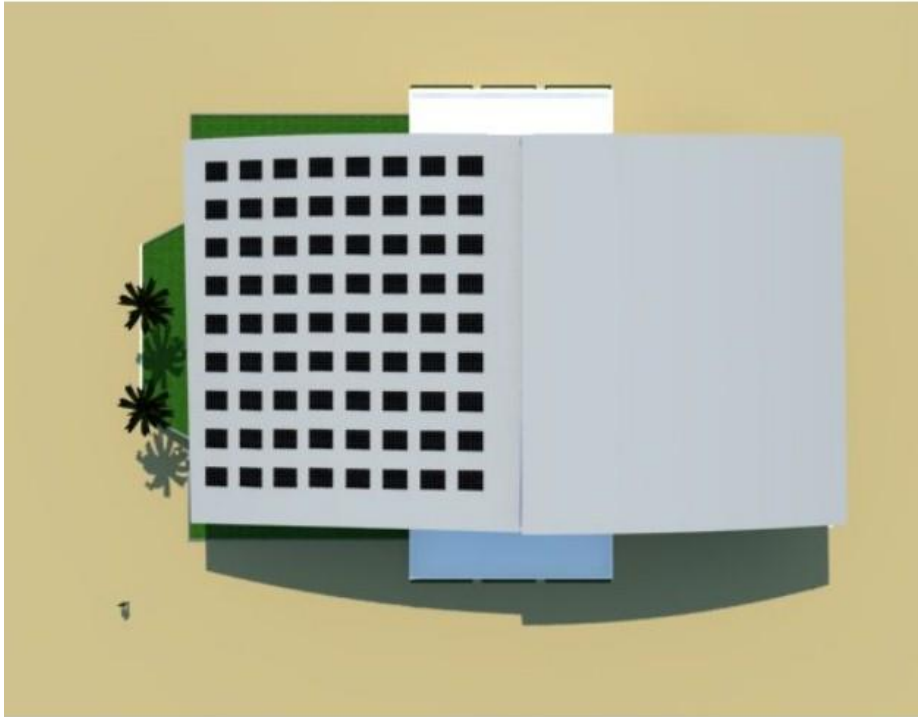


9.6 Asolamientos

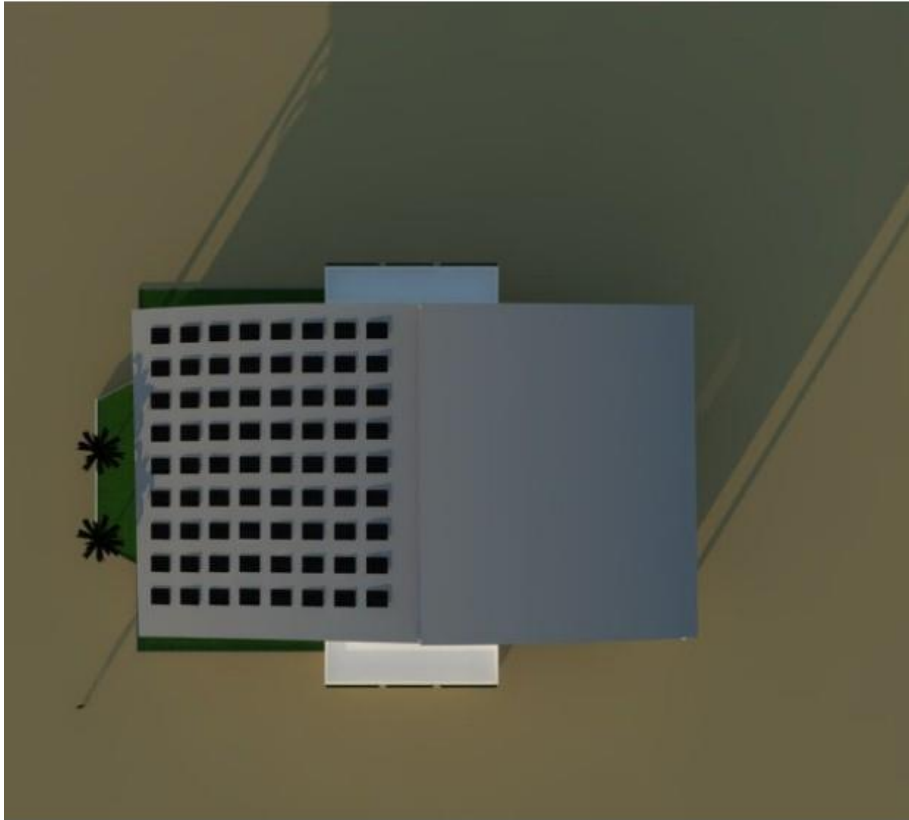
9.6.1 Verano 7:30 am



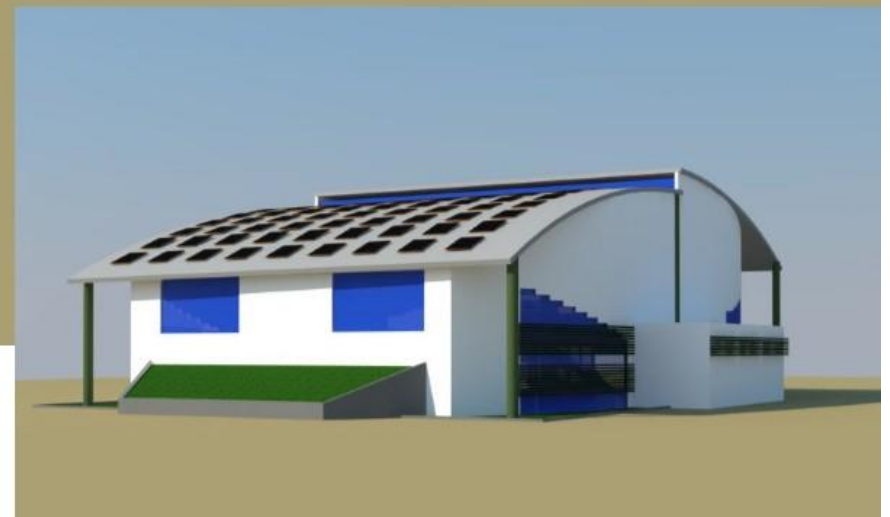
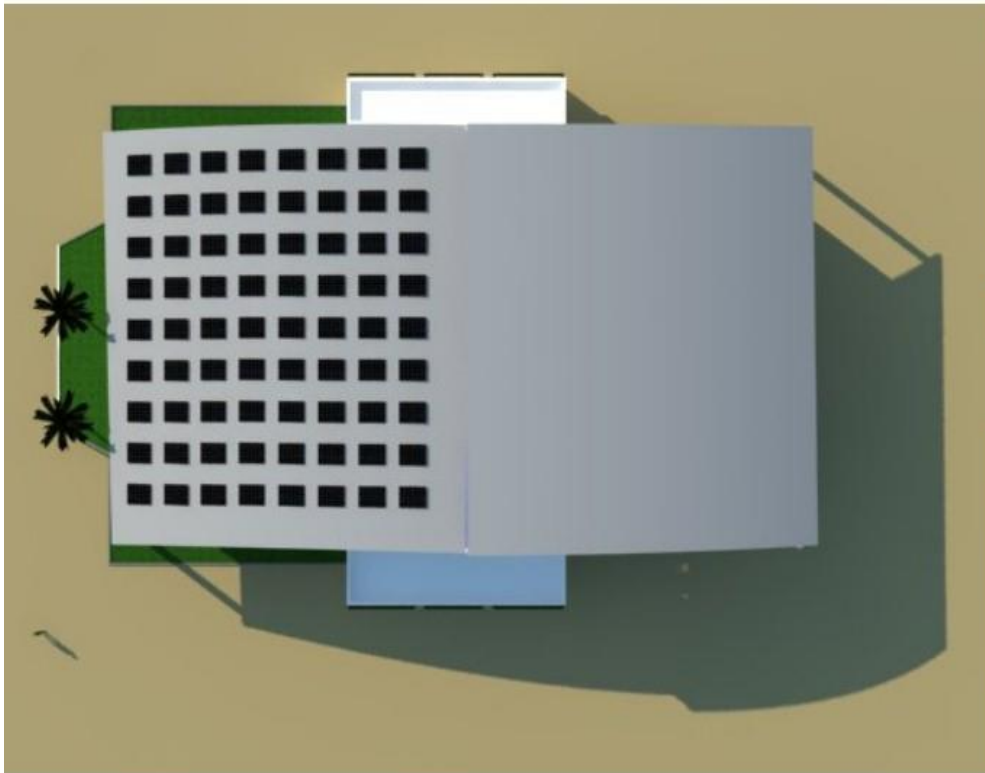
9.6.2 Verano 1:30 pm



9.6.3 Inverno 7:30 am



9.6.4 Invierno 1:30 pm



9.7 Croquis Eléctrico

