



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE ENERGÍA INDUSTRIAS Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INSTITUTO SUPERIOR MINERO "ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ"

Tesis de Grado

TÍTULO

**DISEÑO Y CÁLCULO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN
DE UNA CASA DE HABITACIÓN A BASE DE
HIDROSEGUIDORES SOLARES**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTROMECÁNICO**

AUTOR

Gilber Armando Cuenca Cuenca

DIRECTOR

Ing. Jorge Patricio Muñoz

ASESORES

Ing. Rafael Galano Milhet

Dr. Manuel García Renté

Lcda.. Inv Maria Rodríguez Gamez

2004



ÍNDICE

	Pág.
DECLARACION DEL AUTOR	I
PENSAMIENTO	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	V
SUMMARY	VI
I. INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes.	1
1.2 Situación Problemática .	3
1.3 Formulación del Problema.	4
1.4 Hipótesis	4
1.5 Objetivos	5
1.6 Tareas a Realizar	6
1.7 Conclusiones.	6
II. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Introducción	8
2.2 Sistema de Ventilación	8
2.2.1 Tipos de Ventilación	8
2.2.1.1 Ventilación por Sobrepresión	8
2.2.1.2 Ventilación por Depresión.	9
2.2.1.3 Ventilación Ambiental o General	9
2.2.1.4 Ventilación Localizada	10
2.2.1.5 Ventilación mecánica Controlada	10
2.2.2 Situación del Extractor	10
2.2.2.1 Ventilación General	12
2.2.2.2 Ventilación Localizada	13
2.2.2.3 La Captación	14
2.3 Sistema Fotovoltaica	15
2.3.1 Componentes de los Sistemas fotovoltaicos	15
2.3.1.1 Subsistema de Conversión Fotovoltaica	18
2.3.1.2 Subsistema de Acumulación	21
2.3.2 Panel Fotovoltaico	25
2.3.2.1 Celdas Solares	26
2.3.2.2 Tipos de Celdas Solares	26
2.3.2.3 Características I-V de las Celdas Solares.	28
2.4 Hidroseguidor Solar	32
2.4.1 Introducción	32
2.4.2 Características del Hidroseguidor	33
2.5 Conclusiones	37



III. DISEÑO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	39
3.1 Requerimientos de diseño	39
3.2 Clima de Loja	39
3.2.1 Climatología de Loja	40
3.2.1.1 Factores Climáticos.	40
3.2.2 Meteorológicos de Loja	41
3.2.2.1 Radiación Solar	41
3.3 Diseño de la Red de Conductos para la Climatización	42
3.3.1 Diseño de Conductos para la ventilación	42
3.3.2 Diseño de Conductos para la extracción	52
3.4 Selección de Paneles Fotovoltaicos.	58
3.4.1 Introducción	58
3.4.2 Diseño de SFV	58
3.4.3 Dimensionado del Panel Fotovoltaico y de la Capacidad de la Bateria de Acumulación	59
3.4.3.1 Energía Disponible: (Radiación Solar)	60
3.4.3.2 Energía Necesaria: Evaluación de la Demanda Energética	61
3.4.3.2.1 Cálculo de la Carga	61
3.4.3.2.2 Cálculo del Panel Solar	64
3.4.3.2.3 Calculo de la Capacidad de la Bateria de Acumulación	66
3.4.3.2.4 Cálculo de otros Subsistemas (Reguladores)	70
3.5 Diseñó del Hidroseguidor	72
3.5.1 Diseño de los Recipientes	72
3.5.2 Diseño de Poleas, Cables y Contrapeso	73
3.5.2.1 Diseño de Poleas	73
3.5.2.2 Calculo de Cables y Contrapesos	75
3.5.3 Cálculo de la Estructura de Soporte para el Panel Fotovoltaico	76
3.5.3.1 Diseño de Eje	76
3.5.3.2 Diseño de la Estructura	83
3.6 Conclusiones	84
IV. IMPACTO AMBIENTAL Y ANALISIS ECONOMICO	86
4.1 Impacto Ambiental	86
4.2 Análisis Económico	87
4.2.1 Costos del sistema de climatización	88
4.2.2 Costos del diseño del Sistema Fotovoltaico	88
4.2.3 Costos del Diseño del Hidroseguidor	89
4.2.4 Costo Total del Diseño	90
4.2.5 Consumo Energético del Diseño de Climatización con (SFV)	91
4.2.6 Consumo Energético del Diseño de Climatización con (C. Eléctrica)	91
4.2.7 Cálculo de la Tasa de Retorno de Inversión (TRI)	92
4.2.8 Cálculo de la Tasa de Eficiencia Económica (E)	92



CONCLUSIONES	.	.	.	.	.	.	.	94
RECOMENDACIONES	.	.	.	.	.	.	.	96
BIBLIOGRAFIA	.	.	.	.	.	.	.	98
ANEXOS								



1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

El progreso de la humanidad está estrechamente ligado al descubrimiento de nuevas formas energéticas. Este le ha permitido liberarse de ciertos trabajos pesados que en un principio se realizaban con ayuda de animales. A lo largo del tiempo se ha utilizado la energía, de ahí la importancia de conocer las distintas formas y como aprovecharlas.

Se debe ser consciente de que las principales formas de energía usadas actualmente se agotarán tarde o temprano. Por eso existen y se están desarrollando distintas tecnologías para aprovechar otras fuentes de energía que son inagotables, limpias y fomentan la independencia energética. A continuación se citan otras fuentes de energía:

- Energía solar.
- Energía Eólica.
- Energía Hidráulica.
- Biomasa
- Olas y mareas.
- Geotérmica.

A decir de la energía solar es necesario puntualizar que: El **sol** es una estrella cuya superficie se encuentra a una temperatura media de 5700 °K y debido a complejas reacciones que producen una pérdida de masa y esta se convierte en energía, la energía liberada del sol se transmite al exterior mediante la denominada **radiación solar**.

La energía solar es intermitente por naturaleza debido a los movimientos de rotación y traslación de la tierra y también debido a las condiciones meteorológicas de cada lugar, es dependiente del tiempo y en muchas ocasiones no coincide la necesidad con la disponibilidad. Generalmente la energía se requiere más, precisamente cuando no hay radiación solar (noche). Esto hace necesario que prácticamente todos los procesos de



conversión fototérmica requieran de un sistema de almacenamiento de energía, para poder satisfacer las demandas de energía en el momento que sean requeridas.

Actualmente en el mundo se trabaja buscando soluciones que ayuden a disminuir los combustibles convencionales, por lo que organizaciones internacionales han tomado en su mano los análisis del uso de los combustibles fósiles y también por tener una mejor forma de vida.

La sociedad viene trabajando por tener cada día condiciones ambientales y de confort, especialmente en zonas de clima tropical. La calidad de aire respirado depende de muchos factores: ventilación, extracción de productos contaminantes y la eliminación de contaminación que viene por las condiciones climatológicas. Este problema se ha visto en los diseños de edificios, apartamentos y lugares donde son herméticos y tienen un mayor grado de contaminación y por ende necesitan de una adecuación de sistemas de climatización.

La mayor ventaja de estos sistemas es la autonomía e independencia, además de la confiabilidad de su funcionamiento, por lo que se hacen indispensables para su generalización a gran escala. Normalmente se utilizan sistemas estacionarios para el aprovechamiento de la energía solar, con estos existe gran parte de la energía que se pierde debido a que fundamentalmente se aprovechan los rayos del sol que inciden perpendicularmente al sistema de captación.

El sistema de seguimiento (hidroseguidor solar) que proponemos tiene como novedad que permite que la eficiencia de captación mejore ya que el panel puede aprovechar al máximo la radiación solar.

Este trabajo ha sido realizado a modo de introducción a un tema actual como la energía solar fotovoltaica que estaría compensada con un hidroseguidor para mover dicho sistema. Uno de los objetivos de este trabajo es hacer llegar los conceptos básicos, haciendo fácil, amena e interesante su lectura, aquí se describirán conceptos básicos de los paneles fotovoltaicos que lo integran, así como el diseño de los componentes que



conforman el hidroseguidor, la metodología del diseño y el cálculo de la Climatización, además del procedimiento de mantenimiento y reparación de la misma.

1.2 Situación Problemática

Desde los tiempos muy remotos el hombre ha venido inventando y estudiando grandes descubrimientos, lo cual lo ha permitido traer beneficios para él o como también destrucción para la humanidad. En los adelantos científicos que se han dado están: Físicos, Químicos, Eléctricos, etc.

En lo que respecta a la parte eléctrica desde se invento la corriente desde hace varios siglos atrás uno de los avances que ha tenido la tecnología es hacer estudios para sacarle provecho a la ENERGIA SOLAR, energía que puede ser convertida en energía eléctrica y así darle la aplicación adecuada para disminuir el alto consumo de energía eléctrica que tienen los países, ciudades, o para mover máquinas, etc.

La energía solar puede ser captada por paneles fotovoltaicos y estos generar desde pequeña hasta corrientes elevadas que pueden ser usadas según la problemática que se valore.

El hidroseguidor con Paneles Solares se instalara en la terraza o en el techo de una casa, permitiendo la captación de los rayos solares y su conversión en energía eléctrica y de acuerdo a un mecanismo hidráulico se ira moviendo con el movimiento de rotación de el sol, el mecanismo de este será hidráulico y por intermedio de paneles solares se captará la energía solar que incide en esa superficie, la que se almacenará en un acumulador o batería que alimentará al sistema de climatización de una casa.

Uno de los sistemas para mejorar las condiciones de vida es el acondicionamiento de aire y climatización que tiene gran importancia en lugares como: apartamentos, oficinas, residencias, y lugares donde existan con gran frecuencia personas.

El problema esta en acumular la suficiente energía durante el día, que será usada en horas picos para que reducir el consumo de energía y ahorrar más electricidad.



Haremos el estudio del hidroseguidor con Paneles Solares Fotovoltaicos con el fin de contribuir y transmitir los conocimientos de este trabajo a nuestra sociedad. En las condiciones de explotación de la energía solar en la provincia de Loja, específicamente no hay referencias de su uso; pero se cuenta con los datos meteorológicos del clima de la ciudad para realizar este estudio.

1.3 Formulación del Problema

Diseñar una micro-planta para generar corriente eléctrica por intermedio de un hidroseguidor para paneles fotovoltaicos para mejorar la eficiencia de captación de energía solar.

1.4 Hipótesis

Con la selección de un panel fotovoltaico accionado mecánicamente por un sistema Hidroseguidor se obtendrá la energía suficiente para alimentar a Sistemas de ventilación y extracción de aire.



1.5 Objetivos

GENERAL

Diseñar un sistema de ventilación y extracción de aire utilizando paneles fotovoltaicos accionados por un sistema de hidroseguidores.

ESPECÍFICOS

- ◆ **Realizar el diseño para un dispositivo (hidroseguidor solar) que permita mover un panel solar siguiendo el sol.**
- ◆ **Seleccionar un dispositivo fotovoltaico que genere la energía suficiente para alimentar un sistema de Ventilación y Extracción para una residencia ocupada por seis personas.**
- ◆ **Realizar el análisis económico del sistema de climatización, de seguimiento y del panel fotovoltaico.**



1.6 Tareas a Realizar

- Análisis de las Fuentes teóricas.
- Realizar el diseño del Sistema de Climatización (ventilación y extracción).
- Analizar de acuerdo al cálculo el número de los paneles a utilizar para alimentar los motores del sistema de ventilación.
- Analizar la capacidad de captación de energía solar que va a tener el panel.
- Realizar el cálculo del Hidroseguidor.
- Realizar el estudio del impacto ambiental que tendrá este trabajo.
- Realizar su valoración económica.

1.7 Conclusiones

- Las fuentes revisadas facilitaron obtener información clara referente al uso y aplicación de los sistemas fotovoltaicos para generación de electricidad, además de servir de base para poder introducir los hidroseguidores como sistema de seguimiento para el mejoramiento de la eficiencia de captación de la energía solar.



II. MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

En este presente capítulo se dará a conocer todo lo referente a las definiciones teóricas que se han abordado para el estudio del trabajo de investigación.

2.2 SISTEMAS DE VENTILACIÓN

Puede definirse la Ventilación como aquella técnica que permite sustituir el aire ambiente interior de un local, considerado inconveniente por su falta de pureza, temperatura inadecuada o humedad excesiva, por otro aire exterior de mejores características. A los seres vivos, personas principalmente, la ventilación les resuelve funciones vitales como la provisión de oxígeno para su respiración y el control del calor que producen, a la vez que les proporciona condiciones de confort afectado por la temperatura del aire, su humedad, la velocidad del mismo y la dilución de olores indeseables.

2.2.1 Tipos de Ventilación

2.2.1.1 Ventilación por Sobrepresión

Se obtiene insuflando aire a un local, poniéndole en sobrepresión interior respecto a la presión atmosférica. El aire fluye entonces hacia el exterior por las aberturas dispuestas para ello, en la figura 6 se nota como a su paso el aire barre los contaminantes interiores y deja el local lleno del aire puro exterior.

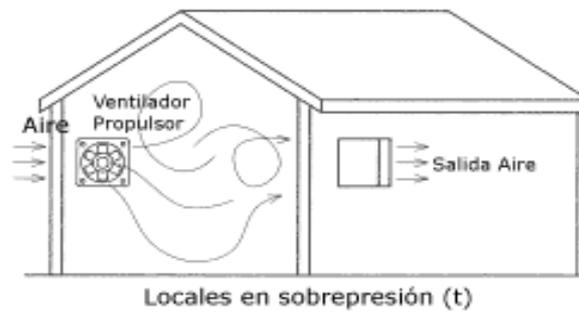


Figura 2.6 Ventilación por sobrepresión

2.2.1.2 Ventilación por depresión

Se logra colocando el ventilador extrayendo el aire del local, lo que provoca que éste quede en depresión respecto de la presión atmosférica. El aire penetra desde fuera por la abertura adecuada, efectuando una ventilación de iguales efectos que la anterior mostrado en la Figura 2.7.

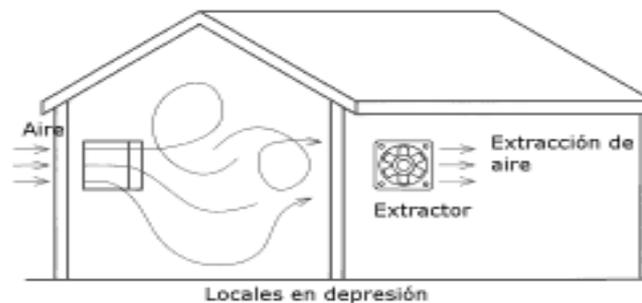


Figura 2.7. Ventilación por depresión

2.2.1.3 Ventilación Ambiental o General

El aire que entra en el local se difunde por todo el espacio interior antes de alcanzar la salida como se nota en las figuras de la 2.6 a 2.8. Este tipo de ventilación tiene el inconveniente de que de existir un foco contaminante concreto, como es el caso de cubas industriales con desprendimientos de gases y vapores molestos o tóxicos, el aire de una ventilación general esparce el contaminante por todo el local antes de ser captado hacia la salida.



Figura 2.8 Ventilación ambiental

2.2.1.4 Ventilación Localizada

El aire contaminado es captado en el mismo lugar que se produce evitando su difusión por todo el local, se logra a base de una campana que abrace lo más estrechamente posible el foco de polución y que conduzca directamente al exterior el aire como se puede ver en la figura 2.9.

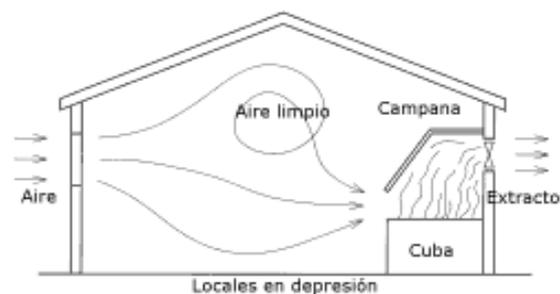


Figura 2.9 Ventilación localizada

2.2.1.5 Ventilación Mecánica Controlada

Conocida por sus siglas V.M.C. es un sistema peculiar que se utiliza para controlar el ambiente de toda una vivienda, local comercial e incluso un edificio de pisos, permitiendo introducir recursos para el ahorro de energía, trataremos este caso de forma monográfica en una hoja técnica específica.

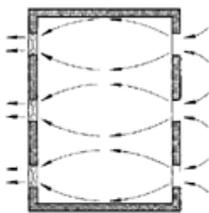
2.2.2 Situación del extractor

Los diversos edificios reales, con la gran variedad de construcciones que existen, dificulta que se den normas fijas respecto a la disposición de los sistemas de ventilación.

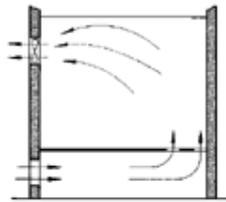
Damos no obstante unas directrices generales que deberían seguirse en lo posible:

- Los ventiladores deben situarse diametralmente opuestos a las entradas de aire, de modo que el caudal de ventilación atravesase toda la zona contaminada.
- Colocar los extractores cerca de los focos de contaminación para captar el aire nocivo antes de que se difunda por el local.
- Alejar el extractor de una ventana abierta o entrada de aire exterior, para evitar que entre de nuevo al aire expulsado.

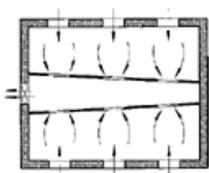
Las Figuras 2.10 se ilustran diversos casos con soluciones para lograr las recomendaciones apuntadas.



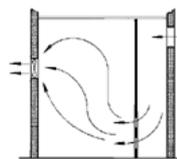
Disposición lateral. Caso ideal



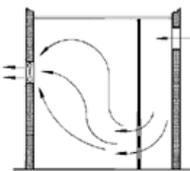
Una sola cara accesible



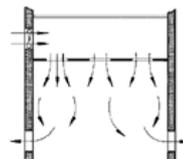
Tres caras accesibles



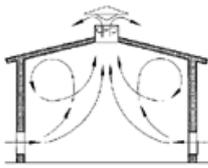
Conducto o tabique para alcanzar zonas muertas



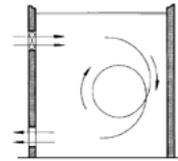
Extracción por plenum



Insolación por plenum



Extracción por el techo



Insolación. Una sola cara accesible

Figura 2.10 Posibles soluciones

Todas estas disposiciones suponen que el aire extraído se desecha y lanza al exterior, práctica poco recomendable en caso de aire calefaccionado en época invernal. Para poder recuperar parte de la energía del mismo hay que proceder a recirculaciones que se describirán en la Ventilación V.M.C. mencionada antes.

2.2.2.1 Ventilación General

Para ventilar un local por el sistema de Ventilación General o Ambiental lo primero que debe considerarse es el tipo de actividad de los ocupantes del mismo. No es lo mismo una oficina moderna, espaciosa, con bajo índice de ocupación, que una cafetería, una sala de fiestas, un taller de confección o de pintura.

La razón de ventilar los habitáculos humanos es el de proporcionar un ambiente higiénico y confortable a los ocupantes ya que se estima que pasan encerrados en locales un noventa por ciento de su tiempo. Hay que diluir el olor corporal, controlar la humedad, el calor, el humo de tabaco y la polución que desprenden los muebles, moquetas, suelos y paredes de los edificios, además de los resultantes de las eventuales actividades industriales.

Una forma de proceder es calcular el caudal de aire necesario en base al número de ocupantes y en razón a **7,5 litros por segundo y persona** para los casos normales en los que no sea significativa la polución provocada por elementos ajenos a las personas.

Pero si se hace difícil prever el número de ocupantes y se cree mejor referirse a la función del local, puede recurrirse al cálculo basado en el **número de renovaciones/hora**, esto es, las veces que debe renovarse por hora todo el volumen de

aire del local. Este número se encuentra en tablas como la que se muestra con el N° 1.

Para su cálculo se determina primero el volumen del local, multiplicando el largo por el ancho y por el alto, en caso de que sea paralelepédico, o descomponiendo en figuras simples el volumen total.

$$\text{Volumen } V(m^3) = L * A * H(m) \quad (2.1)$$

Se escoge luego el número N de renovaciones por hora, según sea la actividad desarrollada en el local y se multiplican ambos.

$$\text{Caudal } Q \left(\frac{m^3}{h} \right) = V * N \quad (2.2)$$

2.2.2.2 Ventilación Localizada

Cuando se pueda identificar claramente el foco de contaminación el sistema más efectivo, y económico, es captar localmente la emisión nociva, ejemplo de la Figura 2.11.



Figura. 2.11 Ejemplo de foco de contaminación

Debe procederse así:

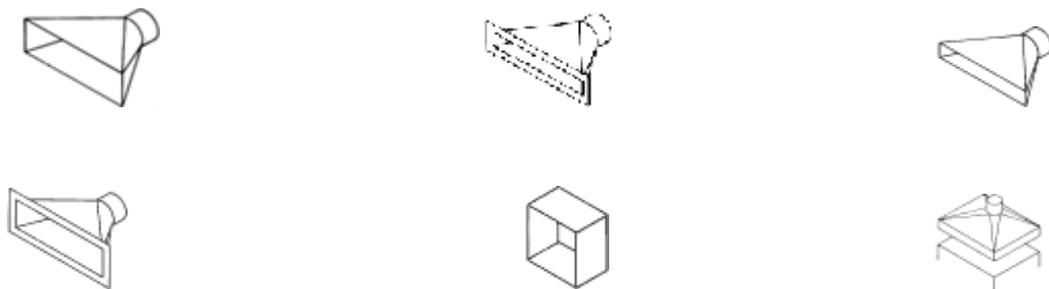
- Identificar los puntos de producción del contaminante.
- Encerrarlo bajo una campana.
- Establecer una succión capaz de captar, arrastrar y trasladar el aire, que posiblemente estará cargado de partículas.

Los elementos básicos de una instalación así, son:

- La Captación.
- El Conducto o canalización.
- El Separador o filtro.
- El Extractor de Aire.

2.2.2.3 La Captación

Su misión es la de poder extraer el aire con los contaminantes que contenga para trasladarlo al lugar de descarga donde el caudal de captación varía aproximadamente con el cuadrado de la distancia, o sea que si la campana está a una distancia L del foco, necesitando un caudal Q para captarlo, si se aleja a una distancia $2L$ el caudal necesario será $4Q$.



La Figura 2.12 Modelos de bocas de captación

Cuando se trate de gases nocivos la campana debe colocarse de modo que se evacúe fuera del espacio de respiración de los operarios como se ve en la figura 2.12

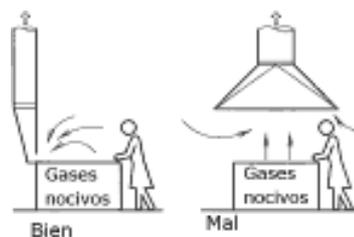


Figura 2.13 Evacuación de gases nocivos

La campana, o caperuza, que envuelva una máquina debe diseñarse para que las partículas a captar incidan dentro de su boca como se nota en la figura 2. 13.

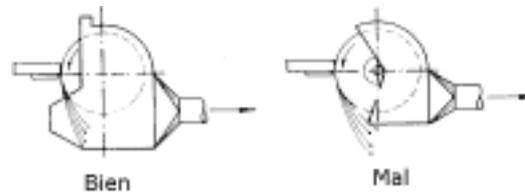


Figura 2.14 Diseño campanas

Siempre que sea posible, las boquillas de extracción deben ser con brida, reduciendo así el caudal en un 25% aproximadamente como se observa en la figura 2.14.

2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

2.3.1 Componentes de los Sistemas fotovoltaicos

Los Sistemas Fotovoltaicos (SFV) están conformados por un conjunto de elementos dispuestos de acuerdo con determinados criterios y reglas establecidos por el fundamento de operación y las características del sistema en su conjunto. Estos elementos, de los que resulta imprescindible conocer sus características principales para su correcto diseño y operación, se pueden agrupar en 4 subsistemas:

- **Subsistema de captación energética de la radiación solar y su conversión Fotovoltaica.** Conformado básicamente por el panel fotovoltaico o simplemente panel, que a su vez está compuesto por un conjunto de módulos fotovoltaicos.
- **Subsistema de acumulación.** Generalmente compuesto de una batería de acumulación electroquímica u otros.
- **Subsistema de regulación y control.** Compuesto por equipos y accesorios cuya función es la de regular la carga y descarga de la batería de acumulación

protegiéndola de sobrecargas y descargas, seguidor del punto de máxima potencia, mecanismos contadores, protecciones, etc., que en conjunto garantizan la operación del sistema.

- **Subsistema de consumo.** Formado por los equipos que actúan en calidad de consumidores de la energía generada y cuya alimentación constituye la finalidad del SFV.

En la figura 2.1, se puede observar un diagrama donde se muestran como quedarían conectados los 4 subsistemas.

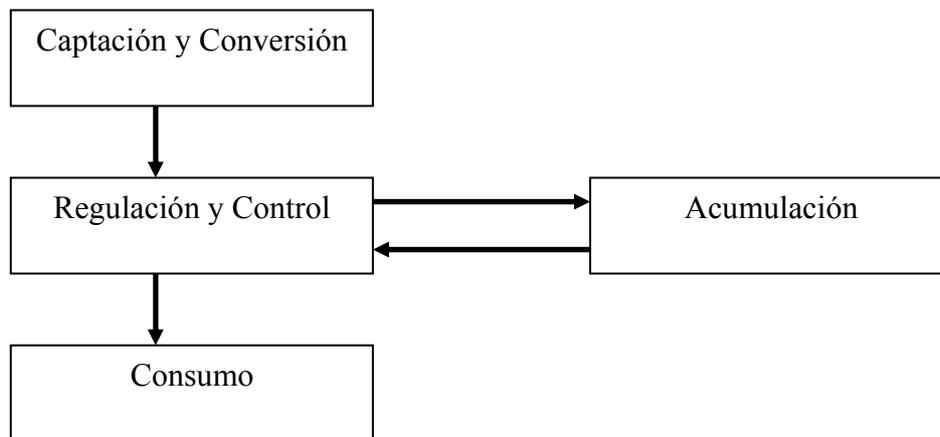


Figura 2.1. Interrelación típica entre los cuatro subsistemas que conforman los SFV.

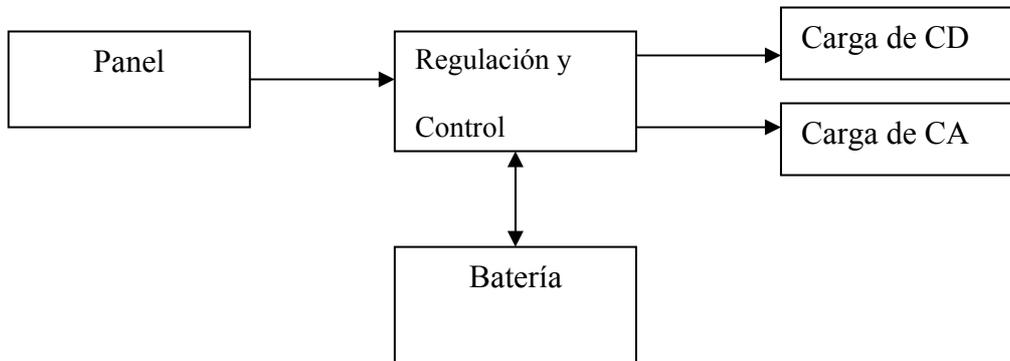
De los 4 subsistemas señalados, el determinante es el subsistema de captación energética y conversión fotovoltaica, lo que quiere decir que, en dependencia del tipo de SFV, pueden faltar cualesquiera de otros subsistemas, pero la utilización del panel fotovoltaico es imprescindible.

Los SFV se clasifican atendiendo a diferentes aspectos que serán tratados más adelante. Por ahora nos interesa destacar aquel que determina la configuración de los mismos, estos se clasifican en:

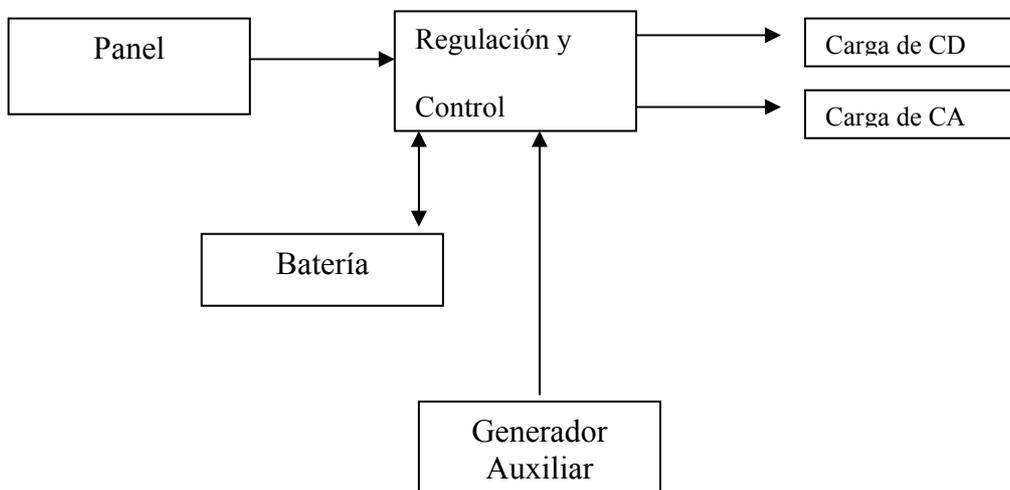
- Autónomos.
- Híbridos o mixtos.
- Conectados a la red

En la figura 2.2, se muestran los esquemas de cada uno de ellos.

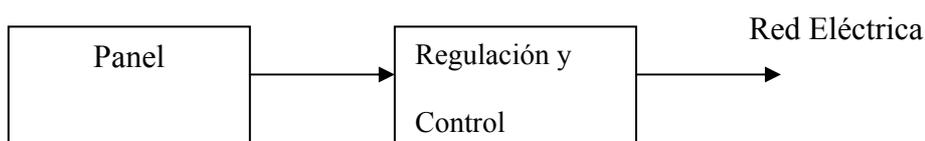
AUTONOMOS



HÍBRIDOS O MIXTOS



CONECTADOS A RED



La figura 2.2 Esquemas generales de los tres tipos de SFV.

Los sistemas autónomos, son aquellos sistemas que cumplen su función de alimentar una determinada carga de manera independiente y aislada, sin relación con otra fuente de energía que no sea la radiación solar. Esta posibilidad de los SFV los hace sumamente competitivos frente a otros sistemas energéticos. Sin embargo, presentan actualmente dos limitaciones básicas: pueden cubrir necesidades energéticas relativamente bajas con costos relativamente elevados.



Los sistemas híbridos, se caracterizan porque incluyen alguna fuente adicional de energía, en calidad de complemento, como puede ser un generador eólico, un grupo electrógeno diesel o de gasolina, etc. La razón mas importante para la hibridación de los SFV es la reducción del costo de la instalación, aunque en algunos casos se pierde autonomía. Dadas sus características sumamente flexibles, el desarrollo de los mismos constituye una importante tendencia para el futuro de los SFV.

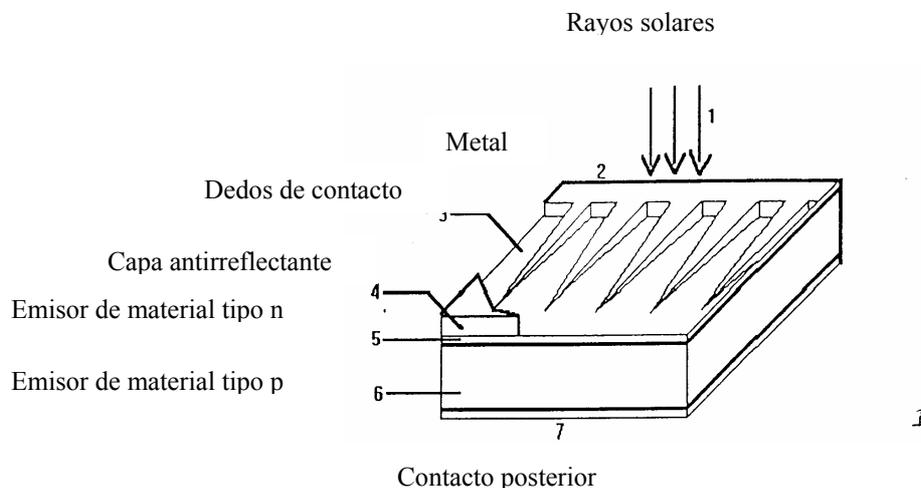
Los sistemas conectados a la red, normalmente no incluyen el subsistema de acumulación pues la energía generada en el panel fotovoltaico se entrega directamente a la red a través de un inversor o convertidor de corriente directa en corriente alterna (CD/CA) con características especiales pues debe admitir las variaciones de voltaje y potencia que entrega el panel, debido a las variaciones e intermitencia de la radiación solar que llega a un determinado punto de la superficie terrestre.

2.3.1.1 Subsistema de Conversión Fotovoltaica

El elemento principal del subsistema de captación y conversión de la energía de la radiación solar en electricidad es el panel o generador fotovoltaico el cual está constituido por la interconexión de varios módulos, de características semejantes, conectados en serie y/o paralelo en dependencia de los requerimientos de la carga y, a su vez, los módulos están formados a partir de la combinación serie y/o paralelo de celdas fotovoltaicas montadas sobre un substrato apropiado. El panel se monta, generalmente, en una estructura de soporte resistente a la corrosión y con la suficiente rigidez mecánica para soportar otros factores ambientales como el viento, la lluvia, etc. Básicamente una celda solar fotovoltaica es un diodo de gran superficie formado por una oblea o lámina de material semiconductor, por ejemplo silicio, dopado con determinados elementos químicos. Esta celda basa su principio de funcionamiento en la generación de pares electrón-hueco, bajo la acción de la radiación solar, y su separación en la juntura p-n del diodo, para crear una diferencia de potencial en los terminales de salida que puede hacer circular corriente por un circuito exterior.

La mayoría de las celdas solares actuales, disponibles a nivel comercial, están constituidas por una unión P-N, formadas en una oblea de silicio (Si) por difusión. La

unión es muy superficial, con valores típicos de anchura de la capa difundida de 0.2-0.5 micras. El contacto eléctrico sobre la capa difundida, se hace de tal forma que deja al descubierto la mayor parte de la superficie del semiconductor, cumpliendo a la vez con la exigencia de proporcionar una baja resistencia de contacto. La solución de compromiso que se ha adoptado son contactos en forma de peine como los que se muestran en la figura 3, y el contacto óhmico sobre la cara posterior no iluminada cubre toda el área. Habitualmente se cubre la cara iluminada con una capa de material antirreflexivo para aumentar el porcentaje de energía absorbida por la celda y que le da la coloración violácea característica de las celdas de Si en la figura 2.3, se muestra la constitución interna de una celda solar fotovoltaica típica [1].



La figura 2.3 Constitución interna de una celda solar fotovoltaica típica

La capa antirreflectante (AR) es una de las más importantes partes de una celda solar. Para que se tenga una idea de su importancia puede ponerse el ejemplo de las celdas de Si-mono, en las cuales las pérdidas por reflexión están entre 34 y 54 % (para el rango entre 1,1 y 0,4 micras de longitud de onda de la luz incidente) sin capa (AR). Es una capa simple sobre estas celdas reduce las pérdidas a 10 % como promedio sobre el rango indicado y una capa doble puede reducirlas a 3 %.

En las celdas solares la conversión fotovoltaica se produce debido a la absorción de la energía de los fotones incidentes por los electrones del semiconductor, que pasan a estados energéticos superiores (banda de conducción), apareciendo estados energéticos vacantes (huecos) inferiores (banda de valencia) que bajo la acción de la barrera de



potencial de las uniones p-n, se separan, siendo recolectados por los contactos anterior (peine) y posterior, lo que provoca una diferencia de potencial entre el frente (lado expuesto a la luz) y la parte posterior de la celda en el orden de 0-5 Volt.

El voltaje generado por cada celda está en función del material empleado [1,3]. Una celda de silicio monocristalino genera en su punto de máxima potencia un voltaje de 400 - 450 mV y la corriente de salida es proporcional a la superficie expuesta a la radiación solar y está en el orden de los 25 mA por cada cm^2 , aunque a nivel de laboratorio se han obtenido valores más altos. Por ejemplo, una celda de 100 mm de diámetro puede generar 2 A bajo plena luz del Sol, lo que representa una eficiencia de conversión de un 12 a un 15 %.

La característica más importante de las celdas solares fotovoltaicas para su utilización práctica es la característica I-V. Ella generalmente se obtiene experimentalmente en una instalación especial de laboratorio y también puede obtenerse a partir de un modelo matemático de su funcionamiento físico.

El comportamiento de una celda solar fotovoltaica cuando actúa como un generador de corriente (bajo iluminación) puede explicarse como la diferencia entre la corriente foto generada (I_L) debida a la generación de portadores bajo la acción de la luz y la corriente de diodo (I_p) que corresponde a la recombinación de portadores que produce el voltaje externo:

$$I = I_L - I_p \quad (2.3)$$

Ecuación que corresponde al circuito equivalente de una celda solar representado en la figura 2.4.

Desarrollando el término de la corriente de diodo I_p :

$$I = I_L - I_o \exp\left(\frac{V + IR_s}{mV_t} - 1\right) - \frac{V + IR_s}{R_p} \quad (2.4)$$

Donde:

I_L → corriente fotogenerada.

I_0 → corriente de saturación del diodo.

R_s → resistencia serie.

m → factor de idealidad del diodo.

R_p → resistencia paralelo.

V_t → voltaje térmico ($=kT/e$, donde k es la constante de Boltzman.

T → Temperatura Kelvin y e es la carga del electrón)

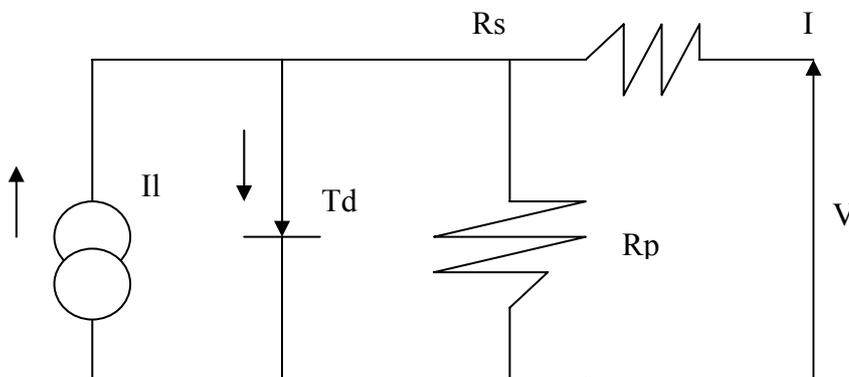


Figura 2.4. Circuito equivalente simplificado de una celda solar

2.3.1.2 Subsistema de Acumulación

Como los períodos en los que se necesita la energía pueden no coincidir con aquellos en los que el Sol está iluminando, es necesario almacenarla para ser consumida cuando se necesite. Este almacenamiento debe tener en cuenta también los períodos de baja radiación solar, casos de mal tiempo y consideraciones de la radiación por debajo de la media. Por otra parte, la radiación solar que llega a la superficie terrestre es esencialmente intermitente, mientras que las cargas del sistema necesitan, por lo general, un suministro estable durante su funcionamiento. Ambas razones sustentan la necesidad de la acumulación de la electricidad generada en los sistemas autónomos.



Sin embargo, para el almacenamiento de la electricidad solar generada en los actuales SFV autónomos, se ha impuesto como la mejor opción la acumulación electroquímica. La causa fundamental de ello radica en que dichos SFV generan una potencia eléctrica relativamente pequeña para la cual las baterías de acumuladores electroquímicos constituyen el medio de acumulación más apropiado.

Los acumuladores electroquímicos convencionales, es decir, las baterías de Pb-ácido y de Ni-Cd y en especial las primeras, presentan un rendimiento energético elevado, una alta densidad de potencia, una vida útil significativa y, sobre todo, un costo por kWh, de energía almacenada, junto a otras facilidades, ha hecho que se hayan convertido en el medio de acumulación que predomina en los actuales SFV autónomos.

Los acumuladores están constituidos por materiales activos cuyas características químicas les permiten acumular y suministrar electricidad, según se requiera. Un conjunto de materiales activos en presencia de un electrolito constituye el elemento básico de todo acumulador, conocido como celda electroquímica. La cantidad de electricidad que una celda puede almacenar, y el voltaje que puede producir en operación, son relativamente pequeños y están limitados entre otros factores por el tipo y la cantidad de materiales activos utilizados, la cantidad y naturaleza del electrolito empleado y las características constructivas de la propia celda. Por lo tanto, para la mayoría de las aplicaciones prácticas, se hace necesario interconectar, en arreglos series y/o paralelos, varias celdas individuales para formar la batería de acumuladores y obtener la capacidad de almacenamiento y voltaje deseados.

Las celdas pueden agruparse en dos grandes grupos: primarias y secundarias. Dadas las características de los materiales activos empleados en su construcción, las baterías primarias únicamente pueden proporcionar electricidad llegando al final de su vida útil al quedar descargadas por completo, debido al agotamiento del material activo. A este grupo pertenecen las pilas comúnmente usadas para la operación de lámparas de mano, radios, etc.



Existen en el mercado una gran variedad de tipos, capacidades y precios de acumuladores de Pb-ácido. Las reacciones químicas que ocurren en sus electrodos son las que siguen:

- Electrodo negativo (reacción anódica)



- Electrodo positivo (reacción catódica)



La reacción total es:



A medida que la descarga progresa, el ácido sulfúrico en el electrolito se diluye con el agua creada, disminuyendo así su densidad.

Finalmente la batería no puede proporcionar más electricidad a un voltaje útil y se dice que está descargada.

Suelen usarse baterías de Ni-Cd en SFV autónomos remotos que precisen alta fiabilidad de funcionamiento y bajo mantenimiento. Su construcción básicamente es la misma que las de Pb-ácido, la principal diferencia es que el electrolito no participa de la reacción electroquímica y, por tanto, la densidad no está influida por el estado de carga, así como la transferencia de iones entre las placas se mantiene independiente del nivel de carga.

Los materiales activos que componen este acumulador son óxido de níquel hidratado en el cátodo y cadmio en el ánodo, inmersos en un electrolito que es una solución acuosa al



21% de hidróxido de potasio o potasa cáustica (KOH) con otros elementos en calidad de aditivos como el hidróxido de litio (LiOH), para mejorar las cualidades del electrolito. El LiOH es añadido con el fin de evitar la alteración de la estructura de las materias activas de las placas positivas frente a las altas temperaturas y contribuye a la preservación de la capacidad de las celdas.

La reacción electroquímica de carga /descarga es:



Durante la descarga el oxígeno pasa de la placa positiva a la negativa, dando lugar al hidróxido de cadmio. Durante la carga el oxígeno vuelve a pasar de la placa negativa a la positiva.

Las baterías de Ni-Cd presentan características de funcionamiento, que hacen ventajosa su utilización con relación a las de Pb-ácido, como son:

- Posibilidad de soportar sobrecargas y descargas profundas sin sufrir daños, lo que determina que la regulación de voltaje no sea tan importante. Pueden aceptar una tasa de carga relativamente alta y son capaces de operar bajo sobrecarga continua siempre y cuando la corriente de carga no exceda una tasa de C/15. Pueden también aceptar profundidades de descarga del 85 al 90%.
- Aptitud a permanecer largos períodos de tiempo en bajo estado de carga.
- La tensión por elemento en descarga se mantiene mucho más estable y tan sólo al final de la descarga (85-90% de la profundidad de descarga), cae y da valores más bajos que el nominal.
- Presentan un tiempo de vida útil mucho mayor que las de Pb-ácido.
- Pueden resistir temperaturas más bajas que las de plomo, e incluso, la congelación de su electrolito. Por ejemplo, a una temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, la capacidad disponible es del 75%, comparada con el 50 - 60 % de una de plomo.
- Un nivel de electrolito insuficiente tampoco la daña, dejando tan sólo de funcionar temporalmente, hasta que se reponga de nuevo el nivel.
- Ausencia de gases corrosivos en la carga.



- El mantenimiento puede llegar a expenderse hasta diez años si la batería tiene una construcción y características adecuadas.

Las principales desventajas son:

- Un costo muy elevado.
- Muestra una memoria del historial de descarga de la batería, lo que la hace disponer de baja capacidad a regímenes de descarga lentos propios de las aplicaciones fotovoltaicas.

Durante el diseño del subsistema de acumulación, además de la elección del tipo de batería, se decide su capacidad de acumulación y el voltaje se fija de acuerdo al de la carga que se va a conectar. La capacidad de la batería se calcula a través de tres factores principales [SFV], de lo cual se tratara en todos sus detalles también en el señalado.

2.3.2 Panel Fotovoltaico

El panel fotovoltaico está compuesto por la interconexión de módulos fotovoltaicos que a su vez están formados por la interconexión de un conjunto solar.

Los generadores fotovoltaicos presentan una serie de ventajas, entre las que se encuentran: su facultad para suministrar electricidad de forma ininterrumpida durante su período de vida útil con un costo de operación prácticamente nulo, sin residuos contaminantes excepto calor, la conversión se realiza directamente sin pasar por otras formas intermedias de energía y poseen una alta relación potencia / peso en comparación con otros generadores.

Su principal desventaja radica en su relativamente baja eficiencia actual, lo que determina una pequeña relación potencia /aérea.



2.3.2.1 Celdas Solares

Las celdas solares son dispositivos semiconductores, cuyo funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico y se diseñan con la finalidad de convertir la energía de la radiación luminosa en energía eléctrica, que puede utilizarse para la alimentación a una determinada carga. Ellas constituyen los elementos básicos que conforman los módulos solares y son, esencialmente, fotodiodos de gran superficie en los que el contacto delantero permite el paso de la radiación solar. En la que muestra la constitución interna de una celda solar típica de Si monocristalino y de juntura p-n.

2.3.2.2 Tipos de Celdas Solares

Las celdas solares se clasifican atendiendo a diferentes criterios entre los que se destacan:

- Aplicación.
- Materiales y procesos de fabricación.
- Construcción interna.
- Características ópticas.
- Otros criterios.

Atendiendo a su aplicación ellas se clasifican en:

- **Terrestres:** En ellas prevalecen criterios de calidad menos rigurosos. Lo principal es el costo más bajo posible. Se optimizan para longitudes de onda por sobre el UV.
- **Espaciales:** Deben satisfacer severos requerimientos de calidad y control del proceso de fabricación ya que trabajan bajo duras condiciones de temperatura y ambientales. La tendencia mundial es la obtención de relaciones potencia / peso grandes y son optimizadas para luz solar extraterrestre y alta resistencia a la radiación.



- **De baja Intensidad:** Son optimizadas para la operación con bajas intensidades de radiación. Tienen generalmente una alta resistencia y operan a temperaturas bajas.
- **De alta intensidad:** Son optimizadas para trabajar con altas intensidades de radiación (espaciales o de concentración). Poseen una alta densidad de la rejilla frontal para minimizar la resistencia serie y trabajan a altas temperaturas.

Atendiendo a los materiales y procesos de fabricación se clasifican en:

- Celdas de Si.
 - Monocristalino
 - Policristalino
 - Amorfo
- Celdas de compuestos III-V.
- Celdas multiunión.
- Otras.

De acuerdo a la construcción Interna, las fundamentales son:

- juntura p-n o n-p.
- Unión plana, son las más usuales. La juntura se extiende a toda el área de captación.
- Unión vertical. Poseen estrechos surcos en la superficie verticales en los cuales se crean las juntas con lo que se logra aumentar la superficie activa unas 10 veces.
- Homojuntura. Los lados n y p son del mismo material base.
- Heterojuntura. Los lados n y p son de materiales diferentes.

Atendiendo a las características ópticas se clasifican en:

- Celdas pulidas.
- Celdas mate. Se les realiza un grabado químico en la superficie de captación.



- Celdas no reflectantes (Texturadas o negras). se le graban micro pirámides por procedimientos químicos.
- Celdas con capa antirreflectante. Se les aplica un recubrimiento en forma de capa delgada para provocar interferencia destructiva por reflexión sobre la superficie texturada o no, generalmente se realiza por oxidación del Si, con TaO o con multicapas.
- Celdas con reflector trasero (BSR). Se coloca un metal altamente reflectante entre la superficie y el contacto trasero.

Además existen infinidad de celdas de capa delgada que utilizan diversos materiales como sulfuros, seleniuros, etc. El objetivo de los nuevos desarrollos es el de reducir el costo de la unidad de energía. En Hamakawa tiene publicada en una excelente recopilación de los más recientes avances en las investigaciones sobre materiales y tecnologías para la fabricación de celdas solares. No obstante, en la práctica tecnológica, las celdas de Si monocristalino y policristalino de juntura p-n son las más difundidas.

2.3.2.3 Características I-V de las Celdas Solares

La característica más importante de las celdas solares, como de la mayoría de los dispositivos electrónicos, es la característica I-V. Pero a diferencia de otros dispositivos, en las celdas solares se distinguen dos características I-V: en oscuridad y en iluminación.

La característica I-V de las celdas solares en oscuridad se distingue porque en este caso la corriente fotogenerada $I_L = 0$ y sólo están presentes las componentes de difusión y recombinación ya señaladas. Ella se ilustra en el cuarto cuadrante de la figura 2.5. Para su utilización práctica es más importante la característica I-V en iluminación (cuadrante I de la figura 2.5), en cuyo caso la corriente que suministra la celda a una carga exterior viene dada por la diferencia entre la foto-corriente I_L , y la corriente oscura $I_D(v)$ como ya se ha dicho.

En un modelo simplificado de una sola exponencial, la ecuación que describe la característica I-V es:

$$I = I_L - I_0 \text{EXP} \left[\frac{eV}{mkT} - 1 \right] \quad (2.9)$$

cuya gráfica tiene la forma mostrada en el primer cuadrante de la figura 2.5.

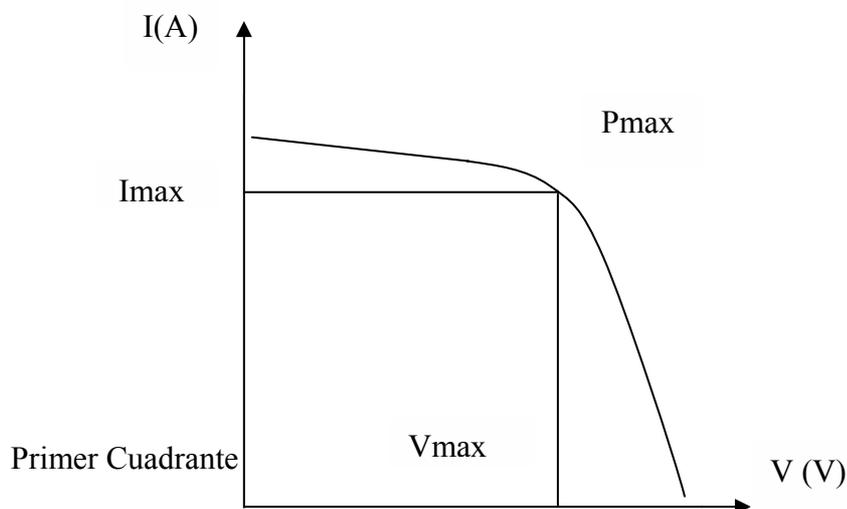


Fig. 2.5 Característica I - V de una Celda Solar en el primer cuadrante

En la característica I-V de la celda solar en iluminación se destacan 3 puntos, que constituyen parámetros importantes:

- La corriente de cortocircuito I_{sc} .
- El voltaje de circuito abierto V_{oc} .
- El punto de máxima potencia P_m .

Corriente de cortocircuito (I_{sc})



Representa el mayor valor de la corriente que la celda puede entregar al circuito exterior (bajo cortocircuito), o sea, para $V = 0$. De acuerdo con la ecuación anterior la corriente de cortocircuito I_{sc} es igual a la corriente fotogenerada I_L .

$$I_{sc} = I_L \quad (2.10)$$

La corriente de cortocircuito depende del área efectiva de la celda y de su eficiencia de conversión, de manera que ella es una medida de la calidad de la celda. Actualmente se fabrican celdas solares cuya I_{sc} puede llegar hasta 6.7 A (celdas de 6 pulgadas de diámetro empleadas en los módulos de 120 Wpico de la firma ASTROPOWER).

Voltaje de circuito abierto (V_{oc})

Es el voltaje en los terminales del dispositivo cuando no circula corriente por el circuito exterior ($I = 0$). Bajo estas condiciones la celda queda autopolarizada con la mayor tensión en la región de generación, y la corriente fotogenerada queda compensada por la corriente oscura:

$$I_L = I_D(V_a) \quad (2.11)$$

Sustituyendo y despejando V_a , nos queda:

$$V_a = \left(\frac{mkT}{e} \right) \ln \left[\frac{I_L}{I_0} + 1 \right] \quad (2.12)$$

Ahora se puede expresar la ecuación característica de la celda en la forma práctica:

$$I = I_{sc} \left[1 - \exp \left[\frac{e(V_{oc} - V)}{mkT} \right] \right] \quad (2.13)$$

**Punto de máxima potencia (Pm)**

Cuando la celda opera en el punto de máxima potencia esto significa que el producto $I * V$ es máximo y sus coordenadas, en la característica I-V, se designan con I_m y V_m .

De la condición general de máximo

$$d(IV) = I_m dV + V_m dI = 0 \quad (2.14)$$

se desprende que:

$$\left[\frac{dI}{dV} \right]_m = \frac{I_m}{V_m} \quad (2.15)$$

que si la aplicamos a la ecuación característica obtenemos:

$$I_m = \frac{(I_L + I_0)}{\left(1 + \frac{mkT}{eV_m}\right)} \quad (2.16)$$

y debe cumplirse además la ecuación característica:

$$I_m = I_L + I_D \left[\text{EXP} \frac{eV_m}{mkT} - 1 \right] \quad (2.17)$$

Las ecuaciones forman un sistema con dos incógnitas, I_m y V_m que no tiene solución explícita. Por esto, generalmente, las coordenadas del punto de máxima potencia se determinan experimentalmente.

El producto $I_m * V_m = P_m$ representa la máxima potencia generada por la celda que puede ser utilizada por la carga, la cual es siempre menor que la potencia total generada. Para cuantificar la fracción que ella representa se define el factor de forma o factor de



llenado FF de la característica I-V y es siempre una cantidad menor que la unidad (generalmente se encuentra entre 0.7 y 0.8 para celdas corrientes).

2.4 HIDROSEGUIDORES SOLARES

2.4.1 Introducción

Los hidroseguidores solares son motores hidráulicos que mediante la carga y descarga libre de agua accionan paneles (fotoceldas solares) para incrementar la eficiencia de la energía solar captada.

Con el objetivo de captar la mayor cantidad posible de energía solar, la superficie colectora debe ser lo más perpendicular a la incidencia de los rayos solares y, por tanto, una colección óptima sólo se puede lograr si la superficie está dotada de un movimiento de seguimiento del sol.

Con el uso del seguimiento, la energía total recibida en un día puede ser de hasta un 35 % mayor que para el mismo colector estático. Aunque este rendimiento se ve reducido en el caso de frecuentes nublados y en todas aquellas condiciones climatológicas en las que la relación entre la energía recibida por radiación directa y la recibida por radiación difusa tienda a disminuir, el aumento de la energía así conseguido compensa sobradamente en muchos casos prácticos el consumo de energía y el costo de los propios mecanismos de seguimiento.

Seguimiento en base tiempo: Nuestra unidad de tiempo de 24 horas es el intervalo medio entre dos elevaciones consecutivas del sol encima del horizonte. Esto ocurre al mediodía, cuando el sol cruza el meridiano. Sin embargo, el tiempo actual entre los tránsitos del sol sobre el meridiano está sujeto a pequeñas variaciones llamadas “ecuación del tiempo”. Esto es debido a:



- El movimiento orbital de la tierra alrededor del sol.
- La inclinación del eje rotativo de la tierra a la eclíptica.

En un punto determinado sobre la Tierra, en el que el Sol está en la posición del mediodía en verano, seis meses más tarde está en la posición de medianoche, después de un número de rotaciones completas de la Tierra. Pero este punto sobre la Tierra debe girar 180° adicionales, o 12 horas más para estar de nuevo al mediodía. Por esto, en todo un año, el punto tiene que girar 360° adicionales, o 24 horas más. De aquí que la duración de una rotación plena de la Tierra sea más corta, $360^\circ / 365$ o alrededor de $1^\circ 4'$, que el tiempo entre dos puntos culminantes del Sol: Una rotación plena de la Tierra necesita 23 h 56 min. 45 s.

Las desviaciones de la diferencia media de tiempo de 24 horas entre dos culminaciones del Sol surgen del hecho de que la velocidad angular de la Tierra alrededor del Sol no es absolutamente regular.

Como resultado de la rotación de la Tierra a velocidad constante, se recorren iguales distancias a lo largo del círculo ecuatorial por unidad de tiempo, pero las correspondientes distancias a lo largo de la proyección de la eclíptica sobre el plano ecuatorial son desiguales; así, a un observador sobre el ecuador le parece que hay una modulación de la velocidad angular del Sol. A menudo, cuando el reloj alcanza el mediodía, el Sol puede no haber alcanzado su mediodía real o punto culminante por encima del horizonte de un día particular.

2.4.2 Características del Hidroseguidor

El hidroseguidor propuesto, utiliza en su estructura a recipientes contenedores y opera con la energía de la gravedad durante la carga y descarga libre de agua. Esto origina, junto a la gran ganancia y robustez del hidroseguidor, indicadores científico-técnicos, económicos y sociales favorables.



El hidroseguidor puede trabajar sólo con la orientación polar (ecuatorial simple con enfoque parcial) del captador y garantiza que durante todo el año, la radiación incida sobre el plano del captador con un ángulo igual a la declinación solar.

El accionamiento hidráulico propuesto está integrado por dos motores: uno utiliza la transformación de la energía potencial en cinética durante la descarga libre de agua y el otro funciona mediante la carga de esa agua.

El motor hidráulico propuesto para el accionamiento del panel solar trabaja en automático cualquier día del año sin recalibración previa, sólo con la orientación ecuatorial y enfoque parcial del panel. En esta orientación el eje de giro del panel se encuentra de norte a sur y con una inclinación igual a la latitud del lugar. La velocidad de rotación de la Tierra es prácticamente constante durante intervalos astronómicos de tiempo. El motor hidráulico propuesto compensa en el panel solar la velocidad media de rotación de la Tierra.

El accionamiento hidráulico del panel solar que utiliza el motor hidráulico propuesto para la captación de la energía solar requiere:

Que en el instante $t = 0$, los rayos luminosos reflejados en el panel solar sea interceptados adecuadamente. Que para $t > 0$ el motor hidráulico garantice una velocidad de rotación $-w$ del panel, que compense la velocidad media de rotación w de la Tierra. El recipiente del hidroseguidor puede conseguirse de dos formas:

- Con un recipiente de sección transversal rectangular y de área decreciente con la altura.
- Con recipientes de área constante para toda altura.

Expondremos el fundamento de los hidroseguidores con ***Recipientes de Área Constante*** por la razón que para este diseño hemos tomado el segundo caso para toda altura.

Como se muestra en la figura 3.7. Este motor hidráulico consta:

1. De un recipiente de área de sección transversal constante para toda altura.
2. De un flotador con carga que transmite y compensa la acción del motor sobre el panel solar.
3. De un sistema de correa y polea que transmite la acción mecánica del flotador sobre el panel solar.

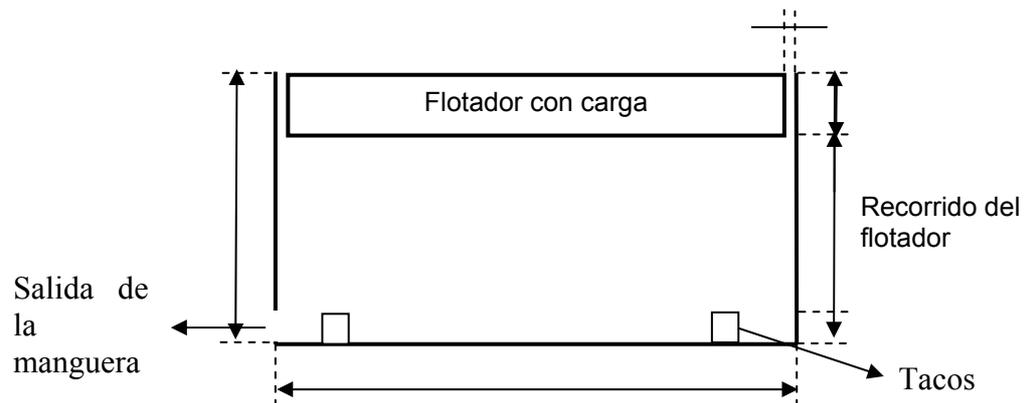


Figura 3.7.- Esquema de un hidroseguidor de área constante para toda altura.

En la figura 3.8 se observan las características de altura hidráulica contra un gasto volumétrico de salida para casos donde se utilizan recipientes diferentes: uno de ellos (1) de sección transversal rectangular de área decreciente a menor altura y el otro (2) de sección transversal constante para toda altura.

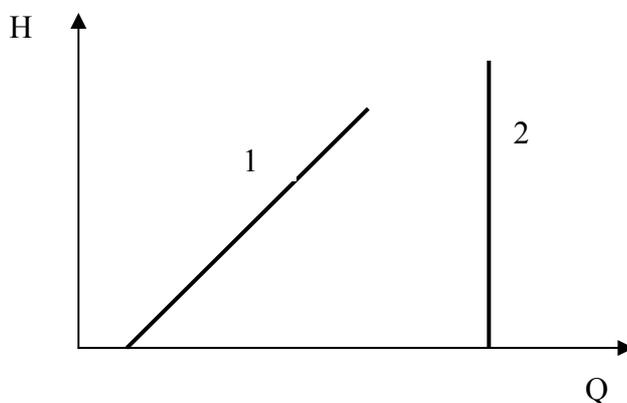




Figura 3.8. Característica de altura hidráulica contra gasto volumétrico de salida paramétrica con la velocidad del flotador con carga.

Si en una pendiente y a diferentes niveles se conectan en filas y columnas pares de motores hidráulicos, como los anteriormente mencionados, entonces para que la instalación funcione después del primer día de trabajo, habría que suministrarle agua sólo a la primera fila de motores que trabajan por descarga. Al concluir cada día de trabajo y antes de comenzar el próximo, el agua acumulada en los motores que trabajan por carga debe ser transvasada a los otros motores que trabajan por descarga. La pareja de concentradores solares con paneles solares con seguimiento hidráulico permiten:

- Que recipientes contenedores de agua se conviertan en parte de motores hidráulicos.
- Que la energía potencial del agua al trasladarse se convierta en la energía de la pareja de concentradores.

Los recipientes en los techos de las edificaciones se usan actualmente como almacenadores de agua, pero reorientados a formar parte de la pareja de concentradores entrañan:

- Ahorro en el costo de los motores de la pareja.
- Energía casi gratuita para mover los motores de la pareja.
- Investigaciones para su implementación.

El accionamiento hidráulico funciona de la siguiente forma: a partir de una posición de sincronismo de los paneles con el movimiento aparente del Sol; el agua al salir del motor 1, hace descender el flotador con carga a $v = Cte$ y mueve un panel; esa misma agua al llenar el recipiente del motor 2, hace ascender a su flotador con carga a $v = Cte$ y mueve el otro panel.



2.5 CONCLUSIONES

- ◆ Los conocimientos abarcados en este capítulo permitirá enriquecer el conocimiento de este trabajo investigativo y también ha sido importante porque esta es la parte en donde la investigación tiene sus pilares fundamentales para su desarrollo.
- ◆ Las partes de donde se tomó la información fueron un pilar fundamental para ir ensamblando este capítulo tanto libros, folletos, manuales, catálogos, Internet, profesores, todos estos constituyeron una ayuda muy importante para lograr este objetivo.





III. DISEÑO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACION

3.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

A continuación se desarrollara todo lo referente a los diseños, cálculos y selección de los diferentes tipos de materiales que conformaran el diseño de la Climatización. Primeramente para comenzar a desarrollar este estudio hemos tomado en cuenta una casa al azar en donde desarrollaremos el sistema de climatización de acuerdo a las dimensiones que posea esta vivienda, teniendo ya donde vamos a ser el estudio, comenzamos a describir los diferentes diseños a realizarse; se tomo también en cuenta el Clima de Loja esto como para tener una referencia de la radiación que va a recibir el sistema fotovoltaico. Comenzaremos primeramente con la climatización posteriormente el sistema fotovoltaico y por ultimo para el calculo del sistema de hidroseguidor como son dos recipientes de iguales características y cada uno de estos va a tener similitud en los accesorios que lo conformaran; por tal razón se hará el cálculo solo para un recipiente y para el otro recipiente será igual todos los cálculos del recipiente anterior acontinuacion los detalles.

3.2 CLIMA DE LOJA

Las características climatológicas de la provincia de Loja, como cualquier otra parte del mundo, responden a una diversidad de factores que modifican su condición natural, tales como:

- **UBICACIÓN GEOGRÁFICA:** La provincia de Loja, se encuentra situado en la frontera sur del Ecuador, entre los 4° de latitud sur y 75° longitud oeste, esta limitado al norte, por ka provincia del Azuay, al sur por la República del Perú, al



este con la provincia de Zamora Chinchipe, y al oeste con la provincia de El Oro y Perú. Se encuentra políticamente dividida en 16 cantones, la tasa de crecimiento poblacional es alta y se concreta en el sector urbano, su geografía es rugosa y permite la idealización de valles con temperaturas bajas y frescas.

- **ALTITUD DEL SUELO:** Es sin duda, el factor que más contribuye a modificar el clima. Loja se encuentra a 2 120 m sobre el nivel del mar, debido a la posición geográfica impuesto por la cordillera de los Andes.

3.2.1 Climatología de Loja

3.2.1.1.-Factores Climáticos

Los mismos factores del clima que afectan al País y a la región andina inciden sobre el territorio de Loja; es decir, sobre la provincia, actúan los la Zona de Convergencia

Intertropical (ZCIT), caracterizada por el Frente Intertropical; el efecto de la interacción Océano Pacífico-atmósfera (Corriente del Niño y Corriente Fría de Humbolt): los Vientos Alisios y la típica orografía serrana y costera, e indudablemente la posición geográfica de zona ecuatorial ligada estrechamente con el factor radiación solar.

El hecho de que Ecuador se halle ubicado en la faja de bajas latitudes (zona ecuatorial) significa que carece de variaciones estacionales en la temperatura y que el gradiente térmico tenga un descenso de aproximadamente 5 ° por cada 1 000 metros de ascenso latitudinal; por eso, en la Sierra, las condiciones calurosas de clima ecuatorial son temperadas.

El aspecto más peculiar del clima de la Provincia de Loja, que lo hace diferente al resto del País, está supeditado al abrupto y caótico relieve, con ausencia de la cordillera occidental y al fenómeno de la desertificación, que avanza desde el sur. El factor



oroográfico, conformado por un relieve que desciende da este a oeste, con un gradiente general del 2.4 %, ha contribuido a que en Loja se forme una microzona de convergencia, perpendicular a la ZCIT, donde los vientos marinos del oeste tocan la cumbre de la cordillera Real y los vientos alisios del este sobrepujan el centro de la provincia, configurando una situación de "Sahelfl, es decir, de transición entre la zona montañosa de los Andes Meridionales del Ecuador

3.2.2 Datos Meteorológicos de Loja

3.2.2.1.-Radiación Solar

Datos Proporcionados por la Estación Meteorológica La Argelia de la Ciudad de Loja

01	NOMBRES DA LA ESTACIÓN	“LA ARGELIA”
02	Latitud	S 04 00
	Longitud	7912
	Elevación	2135
03	Periodo de Observación	1963-1999
04	Naturaleza de Información	Heliofania Efectiva

LATITUD	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	UNIDADES
4 ⁰	14.83	15.14	15.53	14.99	15.30	14.17	15.30	16.04	16.23	17.18	17.73	16.98	MJ/m ³
	4.12	4.21	4.31	4.16	4.25	3.34	4.25	4.46	4.51	4.78	4.93	4.72	kW/m ³ dia

Tabla 3.1 Datos estadísticos de la Radiación de la Ciudad de Loja



3.3 Diseño de la Red de Conductos para la Climatización

La misión de un sistema de conductos es transmitir el aire desde el aparato acondicionador hasta el espacio que va a ser acondicionado.

Para cumplir esta misión de forma práctica el sistema debe proyectarse dentro de ciertas limitaciones establecidas de antemano relativas al espacio disponible, pérdidas por rozamiento, nivel de ruido, pérdidas o ganancias de calor y fugas.

3.3.1 Diseño de Conductos para la ventilación

El procedimiento consiste en establecer la contaminación que se genera en los locales habitados, es la ventilación la que arrastra hacia fuera el aire cargado de humedad y de contaminación, sustituyéndolo por otro de procedencia exterior mas seco y puro. Normas internacionales que tratan de la ventilación como medio de proporcionar la calidad de aire interior y se señalan los valores a continuación en la tabla 3.2. Estos caudales son suficientes para deshumidificar los locales a la vez de eliminar la polución.

En locales no habitados durante largos espacios de tiempo como son residencias almacenes, etc. Pueden intentarse establecer una ventilación natural, siempre y en dependencia de las condiciones climáticas. Los siguientes caudales son obtenidos de la Tabla 1 de Anexos (Manual Práctico de Ventilación, 2ª Edición).

DORMITORIOS	COMEDOR		COCINA		SALA
Por Persona	Por Persona	Por m ²	Por persona	Por m ²	Por m ²
8 L/s	10 L/s	6 L/s	8 L/s	2 L/s	4 L/s

Tabla 3.2 Caudales de Aire Exterior

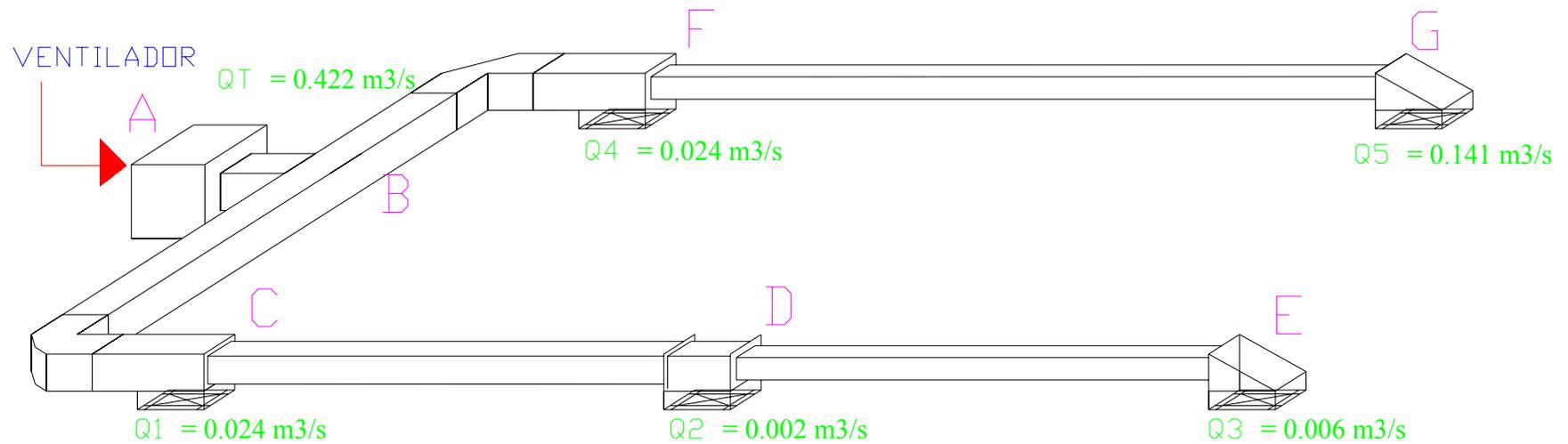


Fig.3.1 Diagrama de Diseño para el cálculo del Sistema de Ventilación



Con los datos de la tabla 3.2 calculamos los caudales para cada habitación.

Dormitorio 1

$$Q_1 = 8 \text{ L/s} = 0.008 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{por persona}$$

$$\text{Personas} = 3$$

$$Q_1 = 0.008 * 3 = 0.024 \text{ m}^3/\text{s} = 86.4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cocina

$$Q_2 = 2 \text{ L/s} = 0.002 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{por m}^2$$

$$A = 27.09 \text{ m}^2$$

$$Q_2 = 0.002 * 27.09 = 0.054 \text{ m}^3/\text{s} = 194.4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Comedor

$$Q_3 = 6 \text{ L/s} = 0.006 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{por m}^2$$

$$\text{Area} = 29.83 \text{ m}^2$$

$$Q_3 = 0.006 * 29.83 = 0.179 \text{ m}^3/\text{s} = 644.4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dormitorio 2

$$Q_4 = 8 \text{ lts/s} = 0.008 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{por persona}$$

$$\text{Personas} = 3$$

$$Q_4 = 0.008 * 3 = 0.024 \text{ m}^3/\text{s} = 86.4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sala

$$Q_5 = 4 \text{ lts/s} = 0.004 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{por m}^2$$

$$A = 35.46 \text{ m}^2$$

$$Q_5 = 0.004 * 35.46 = 0.141 \text{ m}^3/\text{s} = 507.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q_t = (0.141 + 0.054 + 0.179 + 0.024 + 0.024)$$

$$\underline{Q_t = 0.422 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\underline{Q_t = 1519.2 \text{ m}^3/\text{h}}$$



La Pérdida Unitaria de Carga se toma de acuerdo al caudal obtenido y por la velocidad dada. Este valor se toma de la Tabla 4 de Anexos (Manual de Aire Acondicionado).

$$\Delta Q = 0.005 \text{ mmca}$$

El método a utilizar en este diseño será:

Método de Pérdida de Carga Constante

Este método se utiliza en los conductos de impulsión, retorno y extracción de aire y consiste en calcular los conductos de forma que tengan la misma pérdida de carga por unidad de longitud, a lo largo de todo el sistema

Existe dos tipos de sistemas de transmisión de aire empleados en el acondicionamiento de aire: Los de pequeña velocidad o sistemas convencionales y los de gran velocidad. Para este diseño tomamos los de pequeña velocidad los valores los tomamos de Tabla 3 ver en Anexos para la Velocidad (Manual de Aire Acondicionado) que va a salir por el ventilador.

$$\begin{aligned} V_o &= 5 \text{ m/s} && \text{para suministro} \\ V_f &= 3 \text{ m/s} && \text{para derivaciones} \end{aligned}$$

Con la fórmula 3.1 Calculamos la Sección del Conducto.

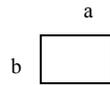
$$A = \frac{Q}{V} \tag{3.1}$$

$$A = \frac{0.422 \text{ m}^3 / \text{s}}{5 \text{ m/s}} = 0.0844 \text{ m}^2$$

Asumiremos que la sección del Conducto es rectangular.



$$A = a * b$$



tenemos :

$$a = b$$

$$A = b^2 \Rightarrow b = \sqrt{A} \Rightarrow b = \sqrt{0.0844m^2}$$

$$b = a = 0.290m = 290mm$$

De Tabla 5 de Anexos (Manual de Aire Acondicionado) obtenemos el valor del diámetro equivalente:

$$d_{eq} = 333mm$$

Con los datos que da la Tabla 5 y con los datos de la Tabla 7 de Anexos (Manual de Aire Acondicionado) se selecciona las dimensiones del conducto rectangular. Esta forma de dimensionar los conductos reduce automáticamente la velocidad del aire en el sentido de la corriente. Las siguientes tablas contienen los resultados.

SECCIÓN DEL CONDUCTO	CAUDAL DEL AIRE (M ³ /H)	% DE LA CAPACIDAD INICIAL
A-B	1519.2	100
B-C	925.2	60.90
C-D	838.8	55.21
D-E	644.4	42.42
B-C	594	39.09
F-G	507.6	33.41

Tabla 3.3 Se dará a conocer el porcentaje de caudal que pasara por cada uno de las secciones



Estos valores también se pueden obtener por la fórmula:

$$\%P = \frac{\text{Volumen de Aire en cada Sección}}{\text{Volumen de Aire Total}} \quad (3.2)$$

SECCIÓN DEL CONDUCTO	ÁREA DE LA SECCIÓN RECTA (%)	ÁREA M ²	DIMENSIONES (mm) (A*B)
A-B	100	0.29	540 * 540
B-C	68	0.19	540 * 400
C-D	63	0.18	400 * 350
D-E	50	0.14	350 * 300
B-F	47	0.13	540 * 350
F-G	41	0.11	350 * 300

Tabla 3.4 Cálculos de los Porcentajes de Capacidad de la Sección y las dimensiones de los lados.

Como los conductos son rectangulares tomaremos el valor del radio sin guías:

Valor Estándar $r = 1,25$

Es evidente que el conducto mas grande será el que empieza en el ventilador .De estas tablas obtenemos las pérdidas en los acoplamientos o accesorios (codos).A continuación en la tabla 3.5 detallamos la longitud total equivalente de los conductos.

De Tabla 7 y la Tabla 9 de Anexos (Manual de Aire Acondicionado) obtenemos estos datos que detallamos a continuación.



SECCIÓN DEL CONDUCTO	ELEMENTO	LONGITUD (m)	RELACIÓN ENTRE CODOS (B/A)	LONGITUD EQUIVALENTE ADICIONAL
A-B	Recto	1.25		
B-C	Codo-Recto-Codo	4	0.74	1.6
C-D	Recto	4.75		
D-E	Recto	5.25		
B-F	Codo-Recto-Codo	3	0.64	1.4
F-G	Recto	7.50		

Tabla 3.5 Cálculos de Pérdidas en Accesorios (Codos) y longitud adicional.

De la formula siguiente obtenemos el valor real de la longitud equivalente:

$$L_{eq} = L_{tramo} + L_{accesorios} \quad (3.3)$$

Longitud de la trayectoria AE:

Longitud de la trayectoria AG:

$$L_{eq} = L_{tramo} + L_{accesorios}$$

$$L_{eq} = L_{tramo} + L_{accesorios}$$

$$L_{eq} = 15.25 + 1.6$$

$$L_{eq} = 10.50 + 1.4$$

$$L_{eq} = 16.85m$$

$$L_{eq} = 11.9m$$

De estos valores tomamos la longitud equivalente más alta, que será aproximadamente: $L_{eq} = 17m$



La pérdida de carga total en el conducto desde el ventilador hasta la boca E. Tomamos este tramo por tener mayor pérdida.

$$Perdida = L_{equivalente\ total} * P_{perdida\ unitaria} \quad (3.4)$$

$$Perdida = 17 * 0.05$$

$$Perdida = 0.85\text{mmca}$$

Para el cálculo del ventilador tomaremos en cuenta la Presión Estática Total algunos valores obtenidos anteriormente su fórmula es la siguiente:

$$P_{resion\ Estatica\ Total} = P_{perdidas\ de\ Carga} + P_{resion\ en\ Bocas\ de\ Salida} - R_{recuperacion} \quad (3.5)$$

como:

Velocidad en la Primera Sección, $V_o = 5 \text{ m/s} = 300 \text{ m/min}$.

Velocidad en la Segunda Sección, $V_f = 3 \text{ m/s} = 180 \text{ m/min}$.

Utilizando el Coeficiente de Recuperación que es 75%

Tenemos:

$$R_{recuperacion} = \left[\left(\frac{V_o}{242.4} \right)^2 - \left(\frac{V_f}{242.4} \right)^2 \right] \quad (3.6)$$

$$R_{recuperacion} = \left[\left(\frac{300}{242.4} \right)^2 - \left(\frac{180}{242.4} \right)^2 \right]$$

$$R_{recuperacion} = 0.735\text{mmca}$$



Para obtener las pérdidas que hay en la salida de las bocas, calculamos para cada una de ellas, para hacer este cálculo tomamos la velocidad para las derivaciones que es $V=3\text{m/s}$:

Los datos de las pérdidas lo obtenemos de la Tabla 8 de Anexos (Manual de Aire Acondicionado) que tiene la relación de velocidad por la sección:

Rejilla 1

$$V = 3 \text{ m/s}$$

$$\text{Seccion} = 540$$

$$P = 2.9 \text{ mmca}$$

Rejilla 2

$$V = 3 \text{ m/s}$$

$$\text{Seccion} = 400$$

$$P = 6.8 \text{ mmca}$$

Rejilla 3

$$V = 3 \text{ m/s}$$

$$\text{Seccion} = 350$$

$$P = 7.5 \text{ mmca}$$

Rejilla 4

$$V = 3 \text{ m/s}$$

$$\text{Seccion} = 350$$

$$P = 7.5 \text{ mmca}$$

Rejilla 5

$$V = 3 \text{ m/s}$$

$$\text{Seccion} = 300$$

$$P = 8 \text{ mmca}$$



Para el, aceptamos el valor mas alto de las pérdidas en las rejillas, para esto se tomara el valor de la Rejilla 5 = 8 mmca.

Por lo tanto:

De la formula (3.5) se tiene:

$$P = (0.85 + 8 - 0.735) \text{ mmca}$$

$$P = 8.115 \text{ mmca}$$

tenemos que:

$$l_{pulca} = 25.4 \text{ mmca}$$

$$P = 0.3194 p \lg s = 3/8''$$

Con este valor seleccionamos ya el ventilador para este diseño. En la tabla 3.6 detallamos la potencia del ventilador.

DATOS DEL VENTILADOR						DIÁMETRO DE DUCTO
Modelo	HP	WATTS	RPMS	VOLT.	3/8 "	
FX4	1/30	48	3140	115	74	4"

Tabla 3.6 Datos de el Ventilador

3.3.2 Diseño de Conductos para la extracción

Para el cálculo de la extracción vamos a utilizar la ventilación mecánica a base de extractores de aire. La extracción se efectúa para las piezas húmedas de la casa, cocinas, baños y aseos dejando el local en depresión. Entre el baño y la cocina deben extraer el total de la vivienda, que deben ser igual o superior al necesario para la ventilación. En la tabla 3.7 nos da a conocer los valores que se toma para realizar el cálculo de los caudales a extraer. Estos valores en especial lo que respecta a la cocina se tomo el caudal de la Tabla 1 y Tabla 2 de Anexos (Manual Practico de Ventilación 2ª Edición, Salvador Escoda S.A).

COCINA	BAÑO
Caudal de extracción dado por tablas	Por elemento
$0.125 \text{ m}^3/\text{s}$	$0.015 \text{ m}^3/\text{s}$

Tabla 3.7.-Caudales para la Extracción.

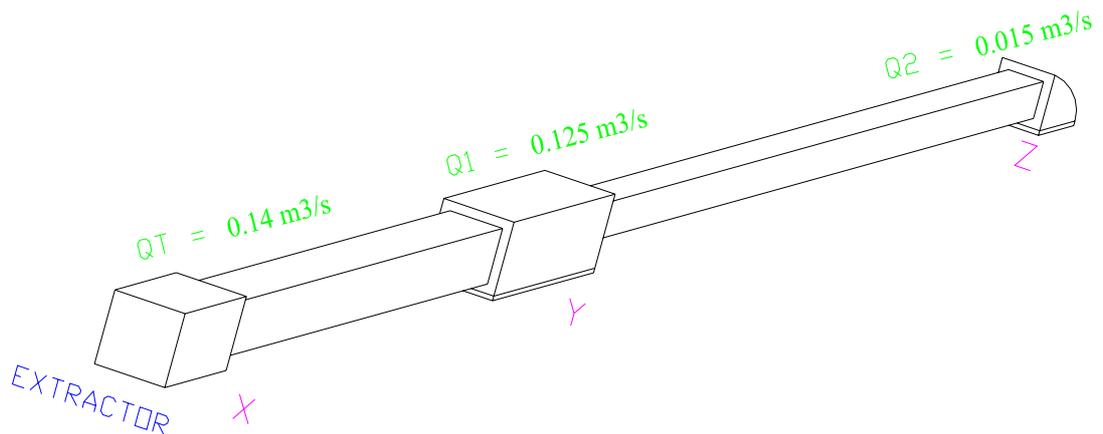


Fig 3.2 Diagrama para el diseño de la Extracción.



$$Q_t = Q_y + Q_z$$

$$Q_t = 0.14m^3 / s$$

La Pérdida Unitaria de Carga se toma de acuerdo al caudal obtenido y por la velocidad dada. Este valor se toma de la Tabla 4 de Anexos (Manual de Aire Acondicionado).

$$\Delta Q = 0.11mmca$$

Tomamos de Tabla 3 para la Velocidad (Manual de Aire Acondicionado) que va a salir por el ventilador.

$$V_o = 5 \text{ m/s} \quad \text{para suministro}$$

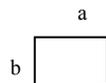
Calculamos la Sección del Conducto refiriéndonos con la formula (3.1)

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{0.14m^3 / s}{5m / s} = 0.028m^2$$

Se asume que la sección del Conducto es rectangular.

$$A = a * b$$



tenemos :

$$a = b$$

$$A = b^2 \Rightarrow b = \sqrt{A} \Rightarrow b = \sqrt{0.028m^2}$$



$$b = a = 0.167m = 167mm$$

Con los datos que da la Tabla 5 de Anexos y con los datos de la Tabla 7 de Anexos (Manual de Aire Acondicionado) se selecciona las dimensiones del conducto rectangular. A continuación se detalla los datos en las siguientes tablas.

$$d_{eq} = 200mm$$

SECCIÓN DEL CONDUCTO	CAUDAL DEL AIRE (m ³ /h)	% DE LA CAPACIDAD INICIAL
X-Y	450	100
Y-Z	54	12

Tabla 3.8 Se dará a conocer el porcentaje de caudal que pasara por cada uno de las secciones.

SECCIÓN DEL CONDUCTO	ÁREA DE LA SECCIÓN RECTA (%)	ÁREA M ²	DIMENSIONES (mm) (A*B)
X-Y	100	0.167	200 * 200
Y-Z	62	0.103	200 * 150

Tabla 3.9 Cálculos de los Porcentajes de Capacidad de la Sección y las dimensiones de los lados.

De tabla 6 de Anexos obtenemos la longitud equivalente adicional (Manual de Aire Acondicionado).



En la Tabla 3.10 Cálculos de Perdidas en Accesorios (Codos) y longitud adicional en este caso no habrá porque no hay codos.

SECCIÓN DEL CONDUCTO	ELEMENTO	LONGITUD (m)	RELACIÓN ENTRE CODOS (B/A)	LONGITUD EQUIVALENTE ADICIONAL
X-Y	Recto	3	0	0
Y-Z	Recto	5.75	0	0

Tabla 3.10 Cálculos de perdidas en accesorios.

De la formula (3.3) obtenemos el valor real de la longitud equivalente

$$L_{eq} = L_{tramo} + L_{accesorios}$$

Longitud de la trayectoria XZ:

$$L_{eq} = L_{tramo} + L_{accesorios} \quad \text{para este caso } L_{accesorios} = 0$$

$$L_{eq} = 8.75m$$

$$L_{eq} = 8.75m$$

de estos valores tomamos la longitud equivalente más alta, que será: $L_{eq} = 9m$

Para calcular la Pérdida Total nos basamos en la formula (3.4) es:

$$Perdida = L_{equivalente\ total} * P_{perdida\ unitaria}$$

$$Perdida = 9 * 0.11$$

$$Perdida = 0.99mmca$$



Para el cálculo del extractor tomaremos en cuenta la Presión Estática Total algunos valores obtenidos anteriormente su fórmula (3.5) es la siguiente:

$$P_{\text{Presión Estática Total}} = P_{\text{Perdidas de Carga}} + P_{\text{Presión en Bocas de Salida}} - R_{\text{recuperación}}$$

como:

Velocidad en la Primera Sección, $V_o = 5\text{m/s} = 300\text{ m/min}$.

Velocidad en la Segunda Sección, $V_f = 0\text{m/s} = 0\text{m/min}$.

Utilizando el Coeficiente de Recuperación que es 75%

Tenemos de la fórmula (3.6):

$$R_{\text{recuperación}} = \left[\left(\frac{V_o}{242.4} \right)^2 - \left(\frac{V_f}{242.4} \right)^2 \right]$$

$$R_{\text{recuperación}} = \left[\left(\frac{300}{242.4} \right)^2 - \left(\frac{0}{242.4} \right)^2 \right]$$

$$R_{\text{recuperación}} = 1.148\text{mmca}$$

Para obtener las pérdidas que hay en la salida de las bocas, calculamos para cada una de ellas, para hacer este cálculo tomamos la velocidad de suministro que es $V = 5\text{m/s}$:

Los datos de las pérdidas lo sacamos de la Tabla 8 de Anexos (Manual de Aire Acondicionado) que tiene la relación de velocidad por la sección:

Rejilla 1

$$V = 5\text{m/s}$$

$$\text{Sección} = 600$$

$$P = 8.5\text{mmca}$$

Rejilla 2

$$V = 5\text{m/s}$$



Seccion = 300

$P = 7.5\text{mmca}$

Para el diseño tomaremos el valor mas alto de las perdidas en las rejillas, para esto se tomara el valor de la Rejilla 1 =8.5mmca.

Por lo tanto:

De la formula (3.5)

$P = (0.99 + 8.5 - 1.148)\text{mmca}$

$P = 8.342\text{mmca}$

tenemos que:

1pulca =25.4mmca

$P = 0.328\text{plgs} = 3/8"$

Con este valor seleccionamos ya el extractor para este diseño. En la siguiente tabla 3.11 detallamos la potencia que tiene el extractor.

DATOS DEL EXTRACTOR						DIÁMETRO DE DUCTO
Modelo	HP	WATTS	RPMS	VOLT.	3/8 "	
F	1/30	48	3140	115	78	4"

Tabla 3.11 Datos de el Extractor



3.4 Selección de Paneles Fotovoltaicos

3.4.1 Introducción.

El concepto de diseño abarca las etapas de proyecto y montaje de Sistemas Solares Fotovoltaicos (SFV), cada una de las cuales se desarrolla en varias fases. El diseño es un proceso que comienza con la concepción del sistema y termina con la verificación, de adecuación del modelo. La tarea central del diseño de un SFV es el dimensionado del panel fotovoltaico y de la batería de acumulación de energía, para lo cual se utilizó un **software fotosoft** donde se toma a consideración básicamente las características de insolación de la región donde se ubicara el SFV y la demanda energética de la carga a partir de esos dos puntos parte este software.

3.4.2 Diseño de SFV

En los SFV la necesidad de diseño esta reforzada por el desfasaje que frecuentemente presenta la carga con relación a los periodos de insolación, por una parte y por otra la demanda de la carga, generalmente, regímenes de intensidad de corriente que el panel no soporta sin disminuir su voltaje de salida (si quiere evitarse el sobredimensionamiento) lo que impone la necesidad adicional de un acumulador de la electricidad generada que al mismo tiempo, asume la alimentación de la carga en periodos nocturnos o de baja insolación. Estos dos elementos, el panel y la batería de acumulación, constituyen el objetivo central en el dimensionado, ya que ellos determinan los principales requisitos que el diseño debe satisfacer.

En la figura 3.3, se muestra el esquema de un sistema fotovoltaico, donde se puede ver todos los subsistemas que lo componen.

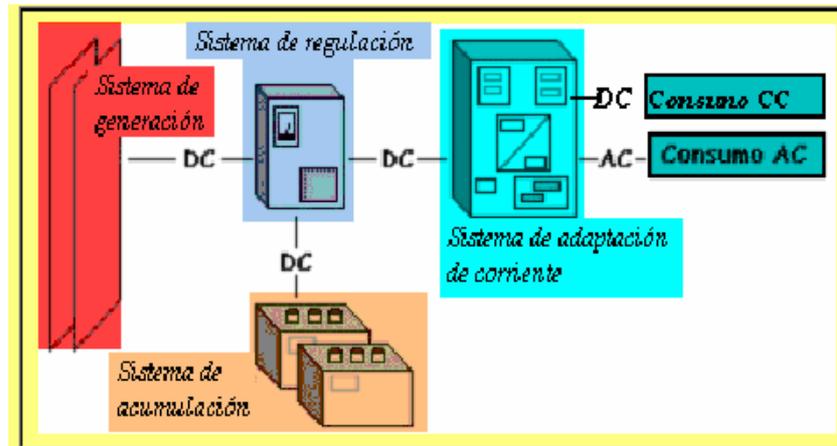


Figura 3.3. Esquema de un sistema fotovoltaico

En el diagrama que se muestra en la figura 3.4, se refiere a las fases más frecuentes que se deben tener en cuenta en el diseño de un sistema fotovoltaico.

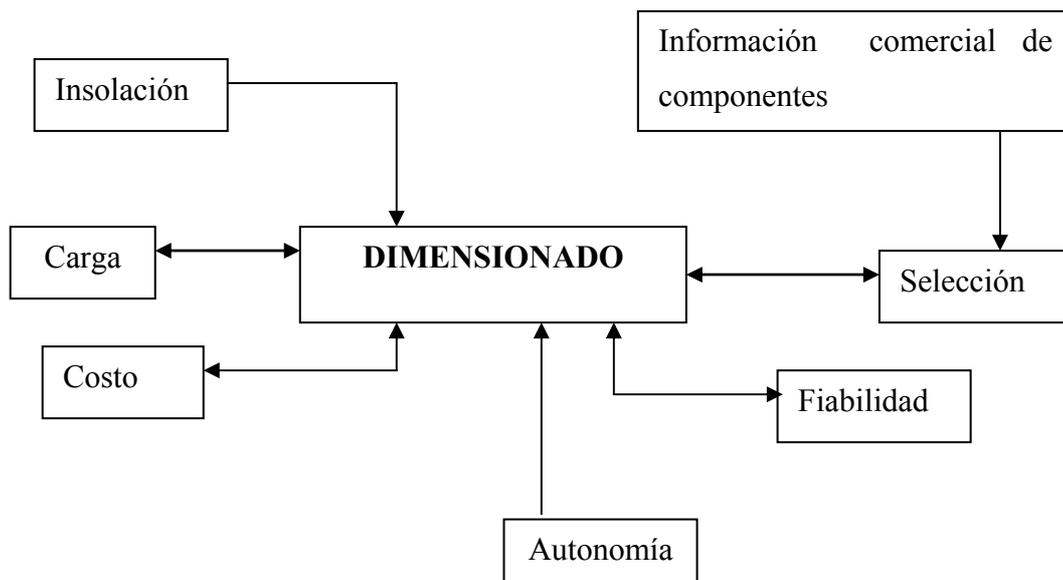


Figura 3.4. Fases más frecuentes del proceso de diseño de un SFV.

3.4.3 Dimensionado del Panel Fotovoltaico y de la Capacidad de la Batería de Acumulación.

Existen varios procedimientos para dimensionar estos componentes fundamentales, entre los que se destacan los analíticos, los numéricos y los simplificados. En la figura 3.5, se muestran un procedimiento simplificado que se basa, fundamentalmente en el balance energético total en el sistema completo, con la particularidad de tomar en cuenta las condiciones meteorológicas concretas de la región. El mismo que es aplicable a SFV autónomos de pequeña potencia, que son los más difundidos.

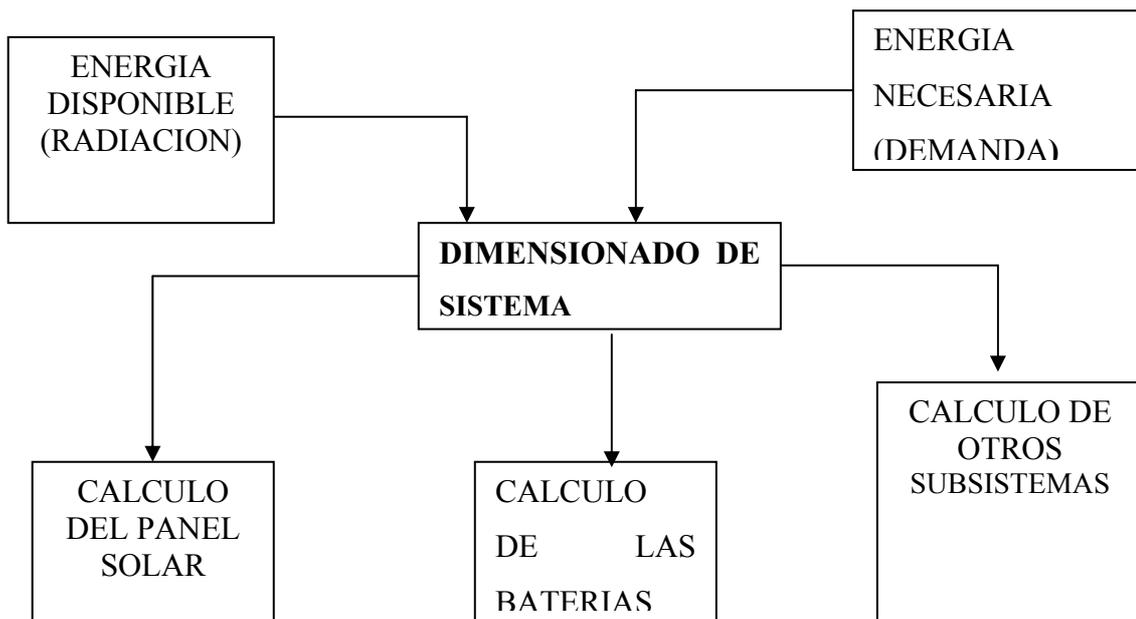


Figura 3.5. Esquema del Dimensionamiento de un SFV.

3.4.3.1.- Energía Disponible: (Radiación Solar)

La energía que capta un panel solar fotovoltaico depende de factores meteorológicos, la ubicación geográfica del lugar y de la ubicación del mismo con respecto a los rayos solares.

LATITUD	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	UNIDADES
4 ⁰	14.83	15.14	15.53	14.99	15.30	14.17	15.30	16.04	16.23	17.18	17.73	16.98	MJ/m ³
	4.12	4.21	4.31	4.16	4.25	3.34	4.25	4.46	4.51	4.78	4.93	4.72	kW/m ³ mes

Tabla 3.12: Radiación Total Promedio Mensual (kW/m² mes) Inclinación 4⁰



3.4.3.2.- Energía Necesaria: Evaluación de la Demanda Energética

3.4.3.2.1.-Cálculo de la Carga

El diseño de un sistema fotovoltaico requiere de ciertas tareas a realizar, estas deben ser analizadas con la mayor profesionalidad y seriedad posible fundamentalmente el cálculo de carga.

- **Estimación.** La primera tarea para el diseño de sistemas fotovoltaico es la determinación del sistema de carga. El estimado de carga es uno de los factores clave en el diseño y costo de los sistemas fotovoltaicos. Hay que tener en cuenta que de carga cambia significativamente con el tiempo por lo que se debe tener en cuenta el cambio de las estaciones del año. La determinación de la carga está calculada de forma integral, por lo que se hace un análisis de los consumos para el cálculo de la potencia máxima de los equipos eléctricos, se suman las potencias máximas y se divide entre la cantidad de dispositivos a alimentar.
- **Selección de voltaje.** La operación de selección de voltaje para los sistemas fotovoltaicos depende del requerimiento de voltaje de las grandes cargas, entonces estas pueden estar conectadas o no directamente al sistema de salida, es recomendado, que la corriente en el circuito de origen, no debe ser muy elevada para toda la sección del sistema, por lo que la corriente debe mantenerse por debajo del nivel recomendado, o sea, no demasiado alta permitiendo el uso de alambre y equipo eléctrico.

Si la carga suministrada tiene diferencia de voltaje, se selecciona mayor voltaje. Los sistemas de corriente alterna operan a 120 Volt. Estudios de especificación de inversores indican que este podrá suministrar la potencia de corriente alterna total e instantánea. Seleccionar un inversor adecuado es garantizar la eficiencia en el sistema, pero hay que tener en cuenta el factor de corrección (FC) para un convertidor CD/CA.



$$FC = \frac{Tca}{Tn * \eta 50} \tag{3.7}$$

donde:

Tca→ es la tensión nominal en CA, expresada en Voltios.

Tn→ es la tensión nominal de la instalación en CA, expresada en Voltios

η50→es la eficiencia de conversión de CD/CA al 50% de carga. Si se desconoce este dato se puede tomar el valor de 0.8

Formula para calcular la Intensidad de Corriente Alterna (Ica)

$$Ica = \frac{N * Pn}{Tca} \tag{3.8}$$

N→ Numero de Equipos

Pn→ Potencia Nominal

Formula para el calculo de Horas Mensuales de uso(Hm)

$$Hm = Dm * Hd \tag{3.9}$$

Dm→ Días al mes de uso

Hd→ Horas diarias de uso

Formula para el consumo mensual.

$$Ea = Ica * Hm * FC \tag{3.10}$$

En la tabla 3.13 damos a conocer los datos obtenidos para determinar el consumo de carga en corriente alterna.

Corriente Alterna										
Descripción	Cantidad	Corriente	Voltaje	Potencia CD	Potencia CA	Ciclado Diario	Ciclado Semanal	Eficiencia Conversión	Voltaje Nominal	Ah / día
		I(A)	(V)	(W)	(W)	hr / día	día / semana		(V)	
1	2	3	4	5A	5B	6	7	8	9	10
Motor 1	1	0,4	120	NO	48,00	8,00	7	0,90	12,0	35,56
Motor 2	1	0,4	120	NO	48,00	6,00	7	0,90	12,0	26,67
ia Total Demandada										62,22
				(CD)	(CA)	Demanda Total CA (Ah/día)				12
Demanda Total (Ah/día)										62,22
										12

Tabla 3.13 Secuencia a seguir para determinar el consumo de CA



Demanda Total	Demanda Total	Voltaje Sistema	Corriente Máxima		Demanda Total	Coef. Eficiencia Conduct.	Eficiencia Batería	Total Corregido
CD(W)	CA(W)	(V)	(A)		Ah / días	(Decimal)	(Decimal)	(Ah/día)
13	14	15	16		17	18	19	20
	96,00	12,00	8,00		62,22	0,98	0,90	70,55

Nota: Criterio de selección de voltaje del Sistema

Demanda de	Voltaje de
< 1 500	12
1 500 - 5 000	24 ó 48
>5000	48 ó 120

Notas:

Blok 20: Energía promedio / días que el sistema tiene que garantizar

Blok 4: Voltaje Nominal de la Carga

Blok 6: Número de horas / días promedio que la carga puede ser usada.

Este valor se utiliza para obtener el número de conductor.

Tabla 3.13: Secuencia a seguir para determinar el consumo de CA

El consumo mensual total (ET) del sistema esta dado por la suma de los consumos parciales en CD y CA en este caso obviáremos el valor de CD por no tenemos carga de directa

La tabla 3.14 hacemos se realiza el balance total del perfil de carga durante un año promedio.

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Radiación Solar Disponible (kW / m ² mes)	4.12	4.21	4.31	4.16	4.25	3.34	4.25	4.46	4.51	4.78	4.93	4.72
Consumo Mensual en CC (Ah/mes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumo Mensual en CA (Ah/mes)	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22
Consumo Mensual Total	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22	62.22
Intensidad de la Corriente por kW y unidad de Radiación Solar	15.10	14.77	14.43	14.95	14.64	18.62	14.64	13.95	13.79	13.01	12.62	13.18

Tabla 3.14. Secuencia a seguir para determinar el mes de peores condiciones.

3.4.3.2.2 Cálculo del Panel Solar

El Cálculo de módulo fotovoltaico podrá determinar el tamaño del panel en el sistema, estas dimensiones están diseñadas para generar suficiente energía durante el mes, para satisfacer la carga y cubrir toda la pérdida en el sistema. De este modo se podrá satisfacer el promedio anual de carga y el estado de la batería.

El cálculo del número de módulos conectados en paralelo requerido para producir la corriente de diseño raramente da como resultado un número entero. Obviamente, el diseñador debe tomar la decisión de redondear al número superior.

El número de módulos conectados en serie es calculado dividiendo el voltaje total del sistema entre el voltaje nominal de un módulo.

En la figura 3.6, se muestra el esquema eléctrico de los módulos en el sistema fotovoltaico.

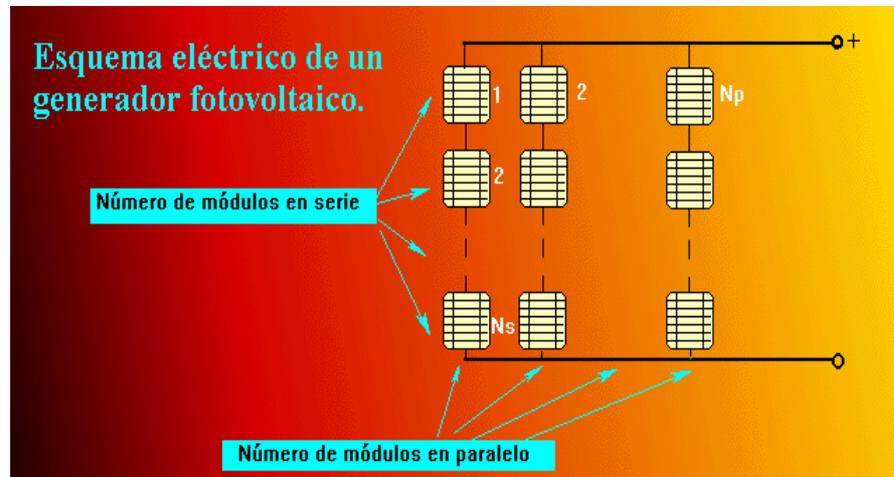


Figura 3.6: Esquema eléctrico de los módulos en el sistema fotovoltaico

Una célula individual (con un área de 75 cm^2) suficientemente iluminada es capaz de producir una tensión de 0.4V y una potencia de 1W. Un módulo solar está constituido por varias células iguales conectadas electrónicamente entre sí en **series o paralelos** como se muestra en la figura (3.6) de forma que la tensión y la corriente suministrada por el panel se ajusten al valor de las deseadas. La mayoría de los paneles se construyen



asociando en paralelo varias asociaciones en series para lograr el nivel de corriente necesaria. Además los paneles cuentan con otros elementos como suelen ser los diodos de protección de sobrecarga.

Mantenimiento. Debido al polvo y a otros agentes, la suciedad irá acumulándose sobre los módulos haciendo que llegue menos luz a la célula y con ello disminuya su eficiencia, es conveniente limpiar los paneles periódicamente dependiendo de la característica del emplazamiento. Pueden limpiarse con cualquier detergente de los que se usan para cristales junto a un paño o esponja no abrasiva. No deben utilizarse sistema de limpieza que puedan dañar los cristales. El panel solar esta compuesto de módulos fotovoltaicos interconectados en serie o en paralelo.

Para el cálculo del número de módulos en serie (N_{ms}) se divide el valor de la tensión nominal de la instalación (T_n), por la tensión nominal de los módulos (T_{nm}).

$$N_{ms} = \frac{T_n}{T_{nm}} \quad (3.11)$$

Para el cálculo del número de módulos en paralelo (N_{mp}), se toma el valor máximo del (I_m), y el valor de corriente para el punto de máxima potencia de los módulos (I_p) que da el fabricante (si no existe este dato se puede tomar el valor de $0.9 I_{cc}$) y se determina:

$$N_{mp} = \frac{I_{m \max}}{I_{p \max}} \quad (3.12)$$

De donde se toma el valor entero superior

El número total de módulos será:

$$N_{tm} = N_{ms} * N_{mp} \quad (3.13)$$

En la siguiente tabla 3.15 se describe los datos para el modulo fotovoltaico y sus características.

Información del Panel FV					
Marca/Modelo	I-110			Voltaje Nominal	
Largo	1310 mm	Ancho	664 mm	Espesor	395mm
Peso	11,5>< kg			Diodo de Desvío	
Voltaje	At STC	Circuito Abierto		Voltaje mayor temp. Modulo	
	17,4	21,6		17,4	
Corriente	At STC	Corto circuito			
	6,32	6,76			

Corriente de Diseño	Coef. de Seguridad	Corriente de Diseño seguridad	Corriente del Módulo	Número de Módulos en Paralelo	
46	47	48	49	50	
14,20	0,9	15,78	6,32	2,50	2,0

	Voltaje Nominal de la Batería	Baterías en Serie	Voltaje requerido para la carga	Voltaje para la temperatura mas alta del modulo	Modulos en Series	Modulos en Paralelo	Total de Modulos	Potencia Pico (W)
	51	52	53	54	55	56	57	
1,2	12	1	14,4	17,4	1,00	2	2	274,6055

Tabla 3.15: Secuencia para el Cálculo de Número de Módulos.

3.4.3.2.3.- Cálculo de la Capacidad de la Batería de Acumulación

En los sistemas fotovoltaicos las baterías se denominan **Acumulador**. El acumulador se diferencia de una batería normal en que estos son recargables. Este es un sistema muy importante debido a que es el encargado, primeramente de acumular energía mientras el sistema de generación está funcionando adecuadamente, y como segunda función está la de suministrar energía a los consumidores cuando al sistema no le sea posible generar energía, ya sea porque el día esté nublado o otra razón.

Dimensionado del sistema de acumulación. Podrá determinar la capacidad de almacenaje requerido, para esto debe tomar un número de decisiones pero antes de tomar estas decisiones, debe determinar la cantidad de energía que se debe almacenar, se debe estudiar y comprender algunos parámetros de la batería y el concepto de disponibilidad del sistema



Como primer paso, se debe determinar la cantidad de energía a almacenar para su aplicación. Esto es usualmente expresado en: Número de días nublado, en otras palabras, por cuantos días nublados deberá el sistema trabajar usando energía (días de autonomía del sistema) almacenada. La selección del tamaño de la batería depende de la aplicación, el tipo de batería y la disponibilidad del sistema. Cuando se especifique la cantidad de almacenaje, debe estar enterado entre la diferencia entre capacidad de batería y capacidad útil de la batería.

Los fabricantes de baterías publican la capacidad de batería, la cantidad de energía que las baterías suministran si se descargan en condiciones favorables de temperatura y las características básicas, por ejemplo.

- **Profundidad de descarga:** Es el porcentaje de carga de la batería que se extraerá de la misma.
- **Corrección de temperatura:** Las baterías son sensibles a temperaturas extremas, o sea, ni muy altas ni muy bajas, una batería fría no suministra tanta energía como cuando está caliente. Una batería debe permanecer a temperatura alrededor de los 25 °C.
- **Capacidad de batería:** Este término indica la máxima cantidad de energía que se puede obtener durante una descarga total de una batería inicialmente cargada al máximo. Este término se expresa en A-h para un determinado tiempo.
- **Estado de carga:** Esta es la cantidad de carga remanente en una batería en cualquier momento.
- **Vida de la batería:** El tiempo de vida de cualquier batería es difícil de predecir, porque esta depende de un número de factores como la carga y descarga, Profundidad de descarga y temperatura de trabajo.
- **Eficiencia de carga.** Es la relación entre la energía empleada para cargar la batería y la realmente almacenada.
- **Auto descarga.** Es el proceso por el cual el acumulador, sin estar en uso tiende a descargarse.

Mantenimiento. Se debe comprobar periódicamente:

- El voltaje total de la batería.



- El nivel de electrolitos en cada uno de los elementos, añadiendo agua purificada en aquellos cuyo nivel esté por debajo del admisible.
- La densidad del electrolito en cada uno de los elementos de la batería.
- El aspecto exterior de la batería, cerciorándose de que los recipientes no tengan ninguna rotura que pueda afectar su funcionamiento ni exista fuga de electrolito.
- Mantener bornes y terminales libre de sulfato y cubierto de una capa de vaselina neutra.

Para calcular la Capacidad Mínima Requerida en Ah, en base a los días de Autonomía deseados. Profundidad de descarga y la Profundidad del Ciclado Diario se puede determinar por:

$$CMR \geq \frac{(C_{\max} * DA)}{MPD} \quad (3.14)$$

$$CMR \geq \frac{C_{\max}}{CMD} \quad (3.15)$$

donde:

C_{\max} (Ah/día) → consumo máximo diario y se determina tomando el máximo de la cuarta fila de la tabla 3.13 dividido por la cantidad de días al mes correspondiente.

DA → número de autonomía, que se escoge según el estudio previo meteorológico del lugar (secuencia de días nublados).

MPD (%) → máxima profundidad de descarga, valor dado generalmente por el fabricante y que para baterías de Pb-ácido esta entre 50 y 70%.

CMD (%) → es la profundidad máxima del ciclado diario, valor dado generalmente por el fabricante y que para baterías de Pb-ácido esta entre 10 y 30%.

Para calcular el número de baterías en paralelo (N_{bp}) se toma la Capacidad de la Batería seleccionada (C_{bs}) en Ah y se halla su relación con respecto a la CMR.

$$N_{bp} = \frac{CMR}{C_{bs}} \quad (3.16)$$



Para calcular el número de baterías en serie (Nbs) se determina dividiendo el voltaje nominal de la instalación (Tn) entre el voltaje nominal de la batería (Tnb).

$$Nbs = \frac{Tn}{Tnb} \tag{3.17}$$

El número total de baterías (Ntb) es el producto del número de baterías en serie y el número de baterías en paralelo.

$$Ntb = Nbs * Nbp \tag{3.18}$$

Información de la Batería	
Marca	Trojan
Modelo	75N05
Tipo	Lead Acid
Voltaje Nomin.	12
Capacidad	220

Utilice para esta tabla los datos del pasaporte o catalogo del fabricante

Total Ah/día Corregido	Días de Autonomía	Profundidad Máxima. de Descarga	Coef. Corrección Temperat.	Capacidad requerida Acumulación	Capacidad Batería Seleccionada	Número Batería Paralelo
70,55	2	0,7	1	201,56	220	0,92

3

Voltaje Nominal del Sist.	Voltaje Nominal de la Bat.	Número Batería Serie	Número Batería Paralelo	Número Total Batería
12	12	1	0,92	0,92

Número Batería Paralelo	Capacidad Batería Seleccionada	Capacidad Sistema Batería	Profundidad Máxima. de Descarga	Capacidad Utilizable Batería
0,9	220	201,56	0,7	141,1

Tabla 3.16: Secuencia a seguir para el cálculo del número de batería.



3.4.3.2.4.- Cálculo de otros Subsistemas (Reguladores)

Para un funcionamiento satisfactorio de la instalación, en la unión de los paneles solares con la batería ha de instalarse un sistema de regulación de carga.

Funcionamiento. Regular sobre carga y descarga de la batería ya que si una vez alcanzada su carga máxima, se intenta seguir introduciendo energía, se inician en la batería proceso de gasificación ó de calentamiento, que pueden llegar a ser peligroso y en cualquier caso acortan la vida de la batería, además debe prevenir la sobrecarga, con el fin de evitar que se agote en exceso la carga de la batería, siendo este un fenómeno, que puede provocar una sensible disminución en la capacidad de carga de la batería.

En el caso de la batería **Plomo-Ácido** existe una relación directa entre el voltaje y el estado de carga por lo que la medida de voltaje proporciona una buena indicación sobre el régimen en que trabaja la batería. Esta también es la razón por la que también a los reguladores de carga se les conocen también como reguladores de tensión. Para evitar la situación de sobrecarga (Voltaje demasiado elevado) existen dos opciones.

- a) Introducir un elemento electrónico (Normalmente un transistor en paralelo con el generador) que disipe el exceso de potencia producido por el módulo. Tales reguladores se conocen como reguladores paralelos y se suelen usar con generadores fotovoltaico de pequeña potencia, en los que la disipación no plantea demasiados problemas.
- b) Desconectar la batería del regulador mediante un interruptor, que puede ser un dispositivo bien electrónico o bien estático. Estos son los llamados reguladores series
- c) Para evitar la situación de sobrecarga, lo que se hace es desconectar la batería de la carga cuando su voltaje se hace menor que un determinado valor umbral.



Se tiene que para el cálculo de la batería daremos a conocer las siguientes formulas:

$$I_{ccp} = I_{ccm} * N_{mpp} \tag{3.19}$$

$$I_{tp} = I_{mm} * N_{mp} \tag{3.20}$$

$$I_{mrr} = C_s * I_{ccp} \tag{3.21}$$

$$N_{rp} = \frac{I_{mrr}}{I_{nrs}} \tag{3.22}$$

donde :

$C_s \rightarrow$ es un coeficiente de seguridad que tiene en cuenta las perdidas por calentamiento y da al regulador un margen de seguridad, por lo general este coeficiente se encuentra entre 1.15 y 1.30.

Acontinuacion en las siguiente tabla 3.17 se dará a conocer las características que tiene el inversor y el regulador.

	Corriente Nominal del Modulo	Corriente Nominal del Sistema de Modulos		Voltaje Nominal del Modulo	Voltaje Nominal del Sistema de Modulos
	59	60		64	65
	6,32	15,781926		17,4	17,4
Modulos en Paralelo	Corriente de Corto Circuito del Modulo	Corriente de Corto Circuito del Sistema de Modulos	Modulos en Serie	Voltaje de circuito Abierto	Voltaje de Circuito Abierto del Sistema de Modulos
	61	62		66	67
58	6,76	16,880668	63	21,6	21,6

Tabla 3.17: Secuencia a seguir para el cálculo del Regulador.

3.5 Diseño del Hidroseguidor

Para el presente diseño cabe dar a conocer algunos puntos muy importantes que se van a desarrollar esté, en primer lugar se hará el cálculo de los recipientes, luego se realizara el diseño de las poleas y posteriormente se desarrollara el cálculo de la estructura de soporte en este cálculo ira adherido el diseño del eje que moverá el panel fotovoltaico.

3.5.1 Diseño de los Recipientes

Con las medidas reales acerca del recipiente que utilizaremos y sabiendo también que este es de sección constante procedemos seguidamente a realizar los detalles que a continuación daremos a conocer.

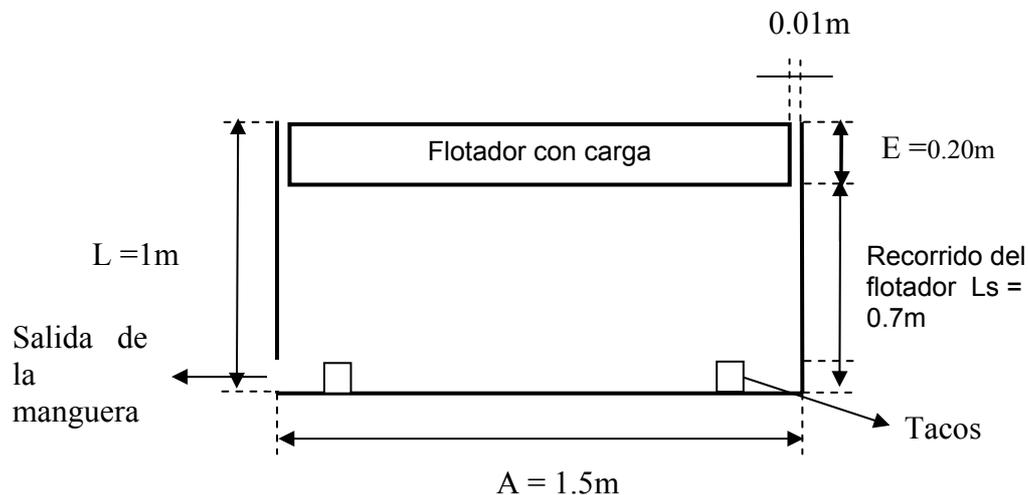


Figura 3.7.- Esquema de diseño de un hidroseguidor de área constante para toda altura.

Para el **Calculo del Flotador de Carga** nos basaremos primeramente en calcular las áreas tanto como la del recipiente como la del flotador y posteriormente del Peso:

$$L_F = A - 0.02m = 1.5 - 0.02 = 1.48m$$

$$A_F = (L * L) = (1.48 * 1.48)m = 2.19m^2$$

$$A_T = L * L = (1.5 * 1.5)m = 2.25m^2$$



$L_F =$ Longitud del Flotador

$A_F =$ Area del Flotador

$A_T =$ Area Total del Recipiente

Calculamos el peso de acuerdo a los datos obtenidos anteriormente.

$$\frac{\Delta E}{\Delta h} = \gamma A_F (1 + \alpha) \quad (3.23)$$

Con la condicion que $\alpha \geq 1$

$\gamma = 1000 \text{Kgf} / \text{m}^3$ *Peso especifico del agua*

$$\alpha = \frac{A_F}{(A_T - A_F)} \quad (3.24)$$

$$\alpha = \frac{A_F}{(A_T - A_F)} = \frac{2.19\text{m}}{(2.25 - 2.19)\text{m}} = 36.5\text{m}$$

Peso total del flotador.

$$\frac{\Delta E}{\Delta h} = 1000 \text{Kgf} / \text{m}^3 * 2.19\text{m}^2 (1 + 36.5)\text{m}$$

$$\frac{\Delta E}{\Delta h} = 82125 \text{Kgf} / \text{m} = 82.125 \text{Kgf} / \text{mm}$$

$$\frac{\Delta E}{\Delta h} = \text{Peso del Flotador}$$

3.5.2 Diseño de las Poleas, Cables y Contrapesos

3.5.2.1 Diseño de las Poleas

Se tendrá en cuenta que las poleas serán de aluminio e iguales, una a cada extremo del panel solar, como se indican en la figura 3.8 serán utilizadas en el módulo de hidrosegimiento también llevan dos prisioneros de 0,003 m de diámetro uno a cada



lado de la polea para detener el cable a cierto recorrido. Se construirán 2 poleas de 0.44 m de diámetro, 0,06 m de ancho, con un canal de 0,005 m, el eje de la polea de un 0,03m de diámetro, el modelo de polea es la misma que se muestra en la gráfica, pero solo cambian sus medidas.

Cálculo de las Poleas.

$$V = W * r \quad (3.25)$$

$V \Rightarrow$ Velocidad

$W \Rightarrow$ Velocidad Angular

$r \Rightarrow$ radio

$t = 12h$ tiempo a trabajar el hidroseguidor

$$W = \frac{1}{12} \pi \text{ rad} / h = \text{Constante} \quad \text{como}$$

$$V = \frac{L_s}{t} \quad \text{tenemos:}$$

$$\frac{L_s}{t} = \left[\frac{1}{12} \pi(r) \right]$$

$$\frac{0.7}{12} = \frac{1}{12} \pi(r) \quad \text{despejamos } r$$

$$r = \frac{0.7m}{\pi} = 0.22m \quad \text{radio de la polea mayor}$$

$$V = \left[\frac{1}{12} \pi(0.22)m \right] = 0.0575m$$

$L_s \Rightarrow$ Longitud Sumergida

Para comprobar la distancia L_s tenemos que $L_s = V * t$

$$0.7 \cong (0.0575)(12)$$

$0.7 \cong 0.69$ Distancia de recorrido del flotador

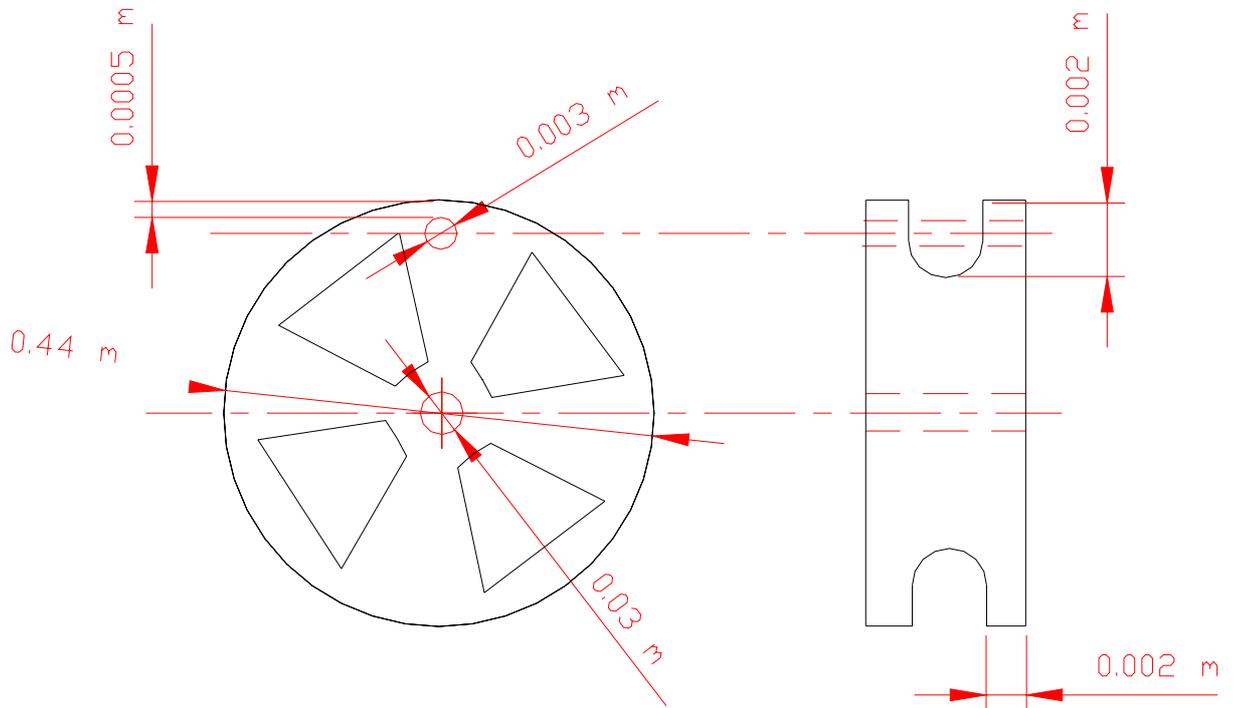


Figura 3.8.- Esquema de las poleas grandes

3.5.2.2 Cálculo de Cables y Contrapesos

Cálculo de los Cables y Contrapesos

1. Longitud de los Cables.

$$L = \left(\frac{L_F}{2} \right) + D_P + (L_S + 2) \quad (3.26)$$

$$L = \left[\left(\frac{1,5m}{2} \right) + (0,44) + 2 (0,72m) \right]$$

$L = 2,63m$ longitud de la correa

2. Cálculo de los Contrapesos

Para situaciones extremas diremos que los contrapesos serán la tercera parte del peso del flotador.

$$P_C = \frac{\left(\frac{\Delta E}{\Delta h}\right)}{3} \quad (3.27)$$

$$P_C = (82,125)/(3) = 27,37 \text{ kgf} \approx 30 \text{ kgf}$$

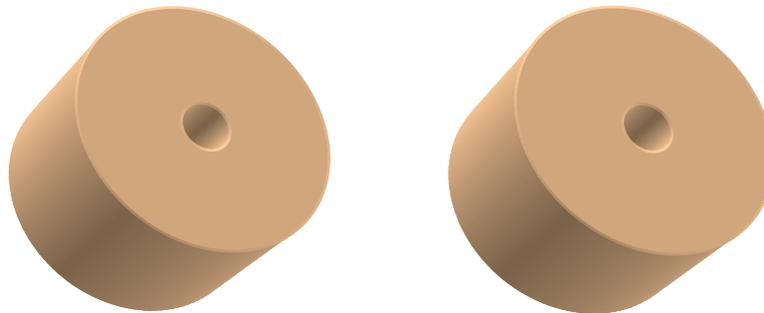


Figura 3.9.- Contrapesos grandes de 30 kgf cada uno

También se utilizará cables de acero de 0,005 m de diámetro y una longitud efectiva de 2.63 m; en total serán dos cables de 3 m para facilitar la unión de sus extremos.

3.5.3 Diseño de la Estructura de Soporte para el Panel Fotovoltaico

Para comenzar a realizar el diseño de la estructura tomaremos en cuenta las partes que van a ir arriba de está como son poleas, panel y el eje.

3.5.3.1 Diseño del Eje

Para el diseño del eje tomaremos en cuenta las diferentes cargas que va ir sometido este como lo son peso de la polea, contrapeso, peso del panel fotovoltaico y el marco que va ensamblado el panel para lo cual haremos el estudio utilizando métodos para el cálculo como son: Fuerzas Cortantes, Momento Flector y Momento Torsor.

A continuación damos a conocer los volúmenes que nos servirán para obtener los pesos de la polea y del marco para ensamblar el panel. Se utilizara diferente material para fabricar la polea y el marco:

- Para la polea estará fabricada por aluminio y el peso específico de este es

$$\rho = 2.7 * 10^{-3} \frac{Kg}{cm^3}$$

- Para el marco de la estructura será la fundición gris o conocida normalmente como hierro y su peso específico es. $\gamma = 7.05 * 10^{-3} \frac{Kg}{cm^3}$

$$V_{polea} = 2373.87 cm^3$$

$$V_{estructura} = 1195 cm^3$$

Con estos datos procedemos a obtener los pesos que van a tener la polea y la estructura:

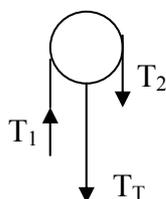
Peso de la Polea

$$P_p = [(V_{polea})(\rho)]$$

$$P_p = [(2373.87)(2.7 * 10^{-3})]$$

$$P_p = 6.40 Kg$$

Como el contrapeso va suspendido en el aire y pasa por la polea entonces obtenemos el siguiente valor real de estos dos pesos:



$$T_2 = 30 Kg$$

$$T_1 = 82,12 Kg$$

$$T_T = T_1 - T_2$$

$$T_T = 52,12 Kg$$

Sumamos los dos pesos.

$$P_T = P_{polea} + T_T$$

$$P_T = 58,52 Kg$$



Peso de la Estructura

$$P_{estruct} = [(V_{estruct})(\lambda)]$$

$$P_{estruct} = [(1195)(7,05 * 10^{-3})]$$

$$P_{estruct} = 8.42Kgf$$

Como el fabricante del Panel Fotovoltaico da el peso real de esté simplemente sumariamos el peso del panel y el peso de la estructura y obtendremos el peso total entre la estructura y el panel:

$$P_{panel} = 11.6kgf$$

$$P_{estruct} = 8.42Kgf$$

$$P_{total} = P_{panel} + P_{estruct}$$

$$P_{total} = [(11,6) + (8,42)]$$

$$P_{total} = 20,02 kgf$$

Cálculo de Reacciones

Para desarrollar el cálculo de las reacciones para el eje tomaremos en cuenta todos los materiales que conforman los cuales son el peso del panel, peso del marco de la estructura, peso de la polea y también el contrapeso. También tenemos que tomar en cuenta el material de que se va a fabricar el eje, el material será Acero C45.

$$-P_1 + R_1 - P_2 + R_2 = 0 \quad \text{Despejamos } R_1$$

$$R_1 = P_1 + P_2 - R_2 \quad (3.27)$$

$$\sum M_{R_1} = 0$$

$$-P_1(0.19) + P_2(0.655) - R_2(1.31) = 0 \quad \text{despejamos } R_2$$

$$R_2 = \frac{[-(58,52)(0,19) + (20,02)(0,655)]}{1.31}$$

$$R_2 = 1,52Kgf$$

Reemplazamos R_2 en ecuación (3.27) tenemos:

$$R_1 = 77Kgf$$

Para el Momento Torsor tenemos:

$$\sum M_T = 0$$

$$M_T = (T_1 - T_2)R$$

$$M_T = [((82,12 - 30))22]$$

$$M_T = 1140 \text{Kgfc}m$$

$$M_T = 111,79 \text{Nm}$$

A continuación detallamos en las figuras (3.10) las Fuerzas Cortantes y Momentos Flectores que va a soportar el eje:

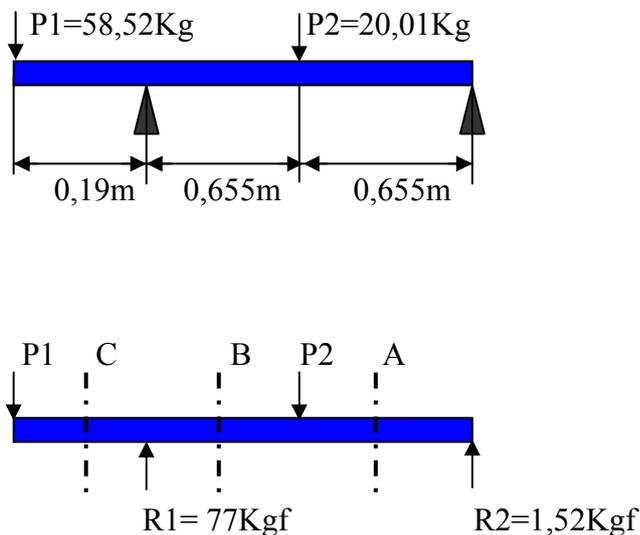
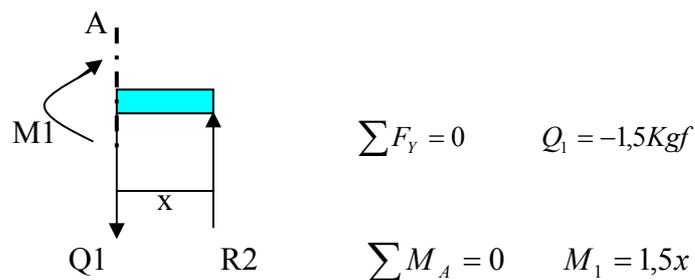


Fig. (3.10) Fuerzas Cortantes y Momentos Flectores

- Detallamos a continuación en la figura (3.11) la fuerza cortante y el momento flector para este tramo A del eje



$$x = 0,655m \quad M_1 = 0,98Kgf.m$$

$$M_1 = 9,61Nm$$

Fig. (3.11) Fuerzas Cortantes y Momento Flector

- Seguidamente analizamos de igual forma en la figura (3.12) obtenemos la fuerza cortante y el momento flector que va haber en este sector del eje.

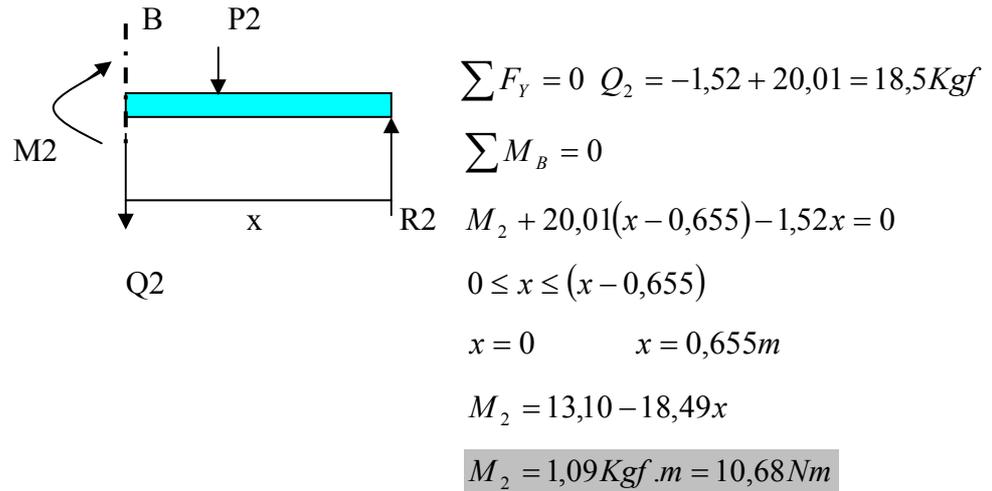


Fig. (3.12) Fuerzas Cortantes y Momento Flector

- Y por ultimo el tramo restante que corresponde al peso uno como se muestra en la figura (3.13) igualmente se obtendrá fuerza cortante y momento flector.

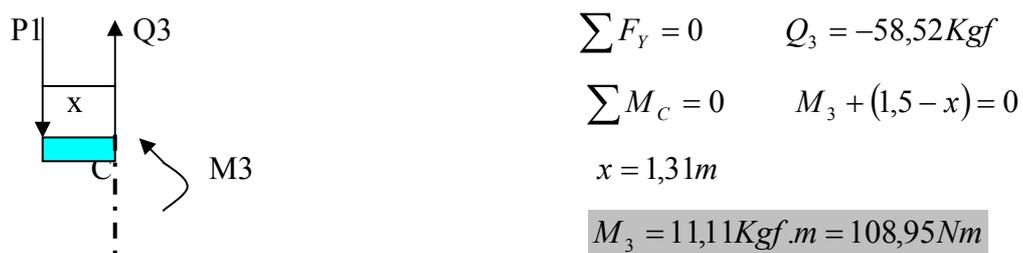
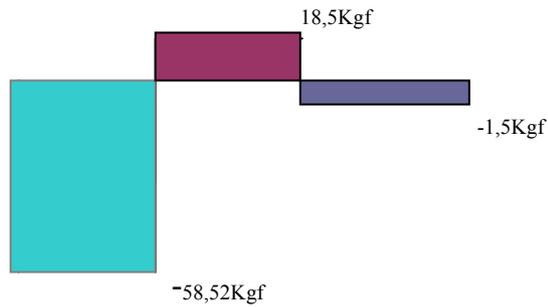


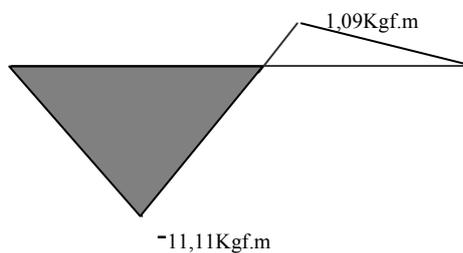
Fig. (3.13) Fuerzas Cortantes y Momento Flector

Ahora daremos a conocer en la Figuras (3.14) correspondientes a la fuerza cortante y al momento flector.

- Grafico de la Fuerza Cortante



- Grafico del Momento Flector



El Momento Equivalente será.

Fig. (3.14) Fuerzas Cortantes y Momento Flector Totales

$$M_{EQ} = \sqrt{(M_{FLECTOR})^2 + (M_{TORSOR})^2} \quad (3.28)$$

$$M_{EQ} = 1591Kgfcm = 15,91Kgf.m$$

$$M_{EQ} = 156,029Nm$$

Para el diámetro del eje tenemos.

$$D_{EJE} = \sqrt[3]{\frac{10 * M_{EQ}}{\sigma}} \quad (3.29)$$

$$\sigma = \frac{\sigma_F}{n} \quad \text{Tension Admisible} \quad (3.30)$$

$$\sigma_F = 3600Kgf / cm^2 \quad \text{Limite de Afluencia del Acero}$$

$n = 1,3$ hasta 5 *Coefficiente de Seguridad*

Para este caso tomaremos $n = 5$

$$\sigma = 720 \text{Kgf} / \text{cm}^2$$

$$D_{EQ} = \sqrt[3]{\frac{10(1591)}{720}}$$

$$D_{EQ} = 2,80 \text{cm} \approx 3 \text{cm} \quad \text{Diametro del eje}$$

A continuación damos a conocer el esquema del eje en la Fig. 3.15 sus medidas y sus características.

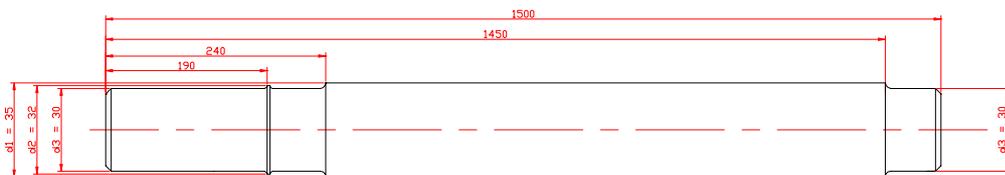


Fig. 3.15 Esquema del árbol.

Nota. Para que el eje tenga movimiento utilizaremos dos Chumaceras a los extremos, de diámetro $1\frac{1}{4}$ " optamos este valor con el fin de tener un acoplamiento para el eje.

3.5.3.2 Diseño de la Estructura

Para el cálculo de la estructura daremos a conocer que estará sujeta al contorno de los lados del hidroseguidor y tendrá una altura de 1,44m arriba de esta ira ensamblado el eje ,su estructura será hecha en como se detalla en la figura (3.15). Esta soportara el peso del panel fotovoltaico, peso de la polea, contrapeso, y el marco para el panel. Como anteriormente se obtuvieron las reacciones, tomaremos en cuenta para el cálculo de la estructura la reacción mayor que en este caso es $R_1 = 77Kgf$ con este valor de la reacción obviaremos el cálculo para la resistencia de la estructura. La estructura se fabricara con material de Fundición Gris (hierro) y acontinuacion detallamos:

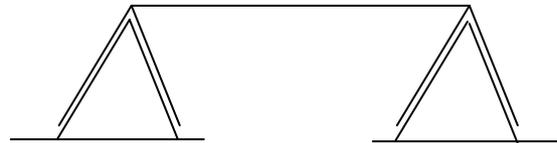


Fig. (3.15) Gráfico de la estructura de soporte.

Acontinuacion en la fig. 3.16 damos a conocer el sistema hidroseguidor con todos sus detalles que lo conforman y sus características.

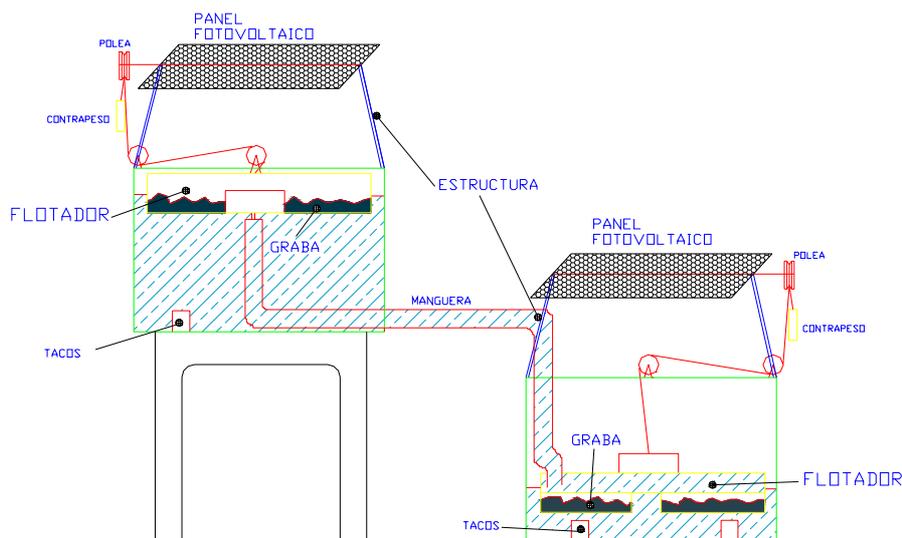


Fig. 3.16 Gráfico del hidroseguidor



3.6 Conclusiones

- Se diseñó un sistema de climatización (ventilación y extracción) idóneo para mejorar las condiciones de confort de una casa.
- Se utilizó un software fotosoft para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y el subsistema de acumulación (baterías) que constituye una vía rápida y confiable para el diseño de un SFV.
- Con el diseño óptimo de un dispositivo Hidroseguidor Solar permitirá mejorar la eficiencia de captación en un 35% en los paneles fotovoltaicos y por ende mejora la generación de energía eléctrica.
- El procedimiento simplificado empleado como metodología de diseño basado en el balance energético en el sistema completo, tomando en cuenta las condiciones meteorológicas de la provincia de Loja es aplicable a un SFV con un Hidroseguidor para pequeña potencia.

IV IMPACTO AMBIENTAL Y ANÁLISIS ECONOMICO

En este capítulo se realiza un estudio económico y ambiental del Sistema de Climatización. También son objeto de estudio, los impactos actuales sobre el medio ambiente y la sociedad.

4.1 Impacto Ambiental

Al realizar un estudio del comportamiento ambiental del sistema de Climatización, se realizará un análisis de todos los factores, actividades e impactos, abordando para ello sus beneficios y su posible afectación:

Identificación de las acciones o actividades con repercusión ambiental.

- Escape de Ácido Sulfúrico (baterías).
- Emisiones de ruido (ventilación y extracción).

1. Identificación de los Impactos Ambientales.

Los impactos ambientales están dados por la interacción de las acciones y los factores ambientales presentados anteriormente, estos impactos se mostrarán en la tabla 4.1.

Acciones o Actividades	Factores Ambientales	<i>Impactos Ambientales</i>
Escape de Ácido Sulfúrico	Aire	Disminución de la calidad del Aire
Escape de Ácido Sulfúrico	Hombre	Aumento de enfermedades respiratorias
Escape de Ácido Sulfúrico	Económico	Pérdidas por concepto Económico
Sulfatación	Económico	Perdidas por concepto Económico
Emisiones de Ruido	Hombre	Pérdidas de la Sensibilidad Auditiva

Tabla 4.1 Identificación de los impactos ambientales en el sistema Climatización.



1. Caracterización de los impactos.

El proceso de caracterización de los impactos ambientales es de gran importancia, pues posibilita la comprensión de la dimensión exacta del análisis desarrollado, determinando cómo repercute sobre el medio ambiente cada uno de los impactos ambientales que tienen lugar tanto en el objeto como en los elementos externos a este.

La presencia del ruido que proviene de los motores de la climatización es uno de los elementos que más afecta las condiciones en el ambiente, incidiendo directamente sobre la salud física y mental de las personas y puede ser la causa de enfermedades no profesionales.

Los beneficios que trae consigo este estudio es de acuerdo a lo obtenido en los diseños hechos anteriormente podemos decir lo siguiente:

- Confort en el ambiente dentro de las habitaciones.
- Disminución de consumo de energía eléctrica
- Disminución de emitir CO₂ por cada kW generado.

4.2 Análisis Económico

Con los diseños y cálculos obtenidos durante este estudio daremos a conocer el análisis económico de todos los materiales que se utilizó durante todo este diseño y también haremos el costo total de todo el proyecto.

Para dar a conocer los costos de cada una de cada material nos basamos en precios que están en el mercado tanto internacional y el mercado nacional. A continuación vamos a desarrollar los costos:



4.2.1 Costos del sistema de climatización

El diseño de los conductos así como sus dimensiones y longitudes en los diferentes tramos arroja que es necesaria la utilización de 29m² de lámina para la fabricación de los conductos.

Se utilizara láminas de 0,8mm con un peso de 0,00633 ton/m²

El peso total de la chapa será: 29m² * 0,00633 ton/m²

Peso total = 0,18357 ton

Acontinuacion en la tabla 4.2 se detalla los costos totales del sistema de climatización.

Tabla 4.2 Costos totales para el sistema de Climatización

Costos del Diseño de la Climatizacion					
Numero	Descripcion	u/m	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
1	Motor 1/30 HP		2	40	80
2	Regulador de Velocidad		1	15	15
3	Rejillas Pequeñas		1	10	10
4	Rejillas Medianas		5	15	75
5	Regilla Grande		1	20	20
6	Conductos (540*540)mm	m ²	11	4	44
7	Conductos (400*400)mm	m ²	5	4	20
8	Conductos (350*350)mm	m ²	13	4	52
9	Cinta adhesiva 63 m.m. x 30 m	rollos	5	14	70
10	Cinta para amarrar conductos	m	35	0,036	1,26
11	Hebillas		45	0,021	0,945
12	Tornillos	u	70	0,015	1,05
Total					389,255

4.2.2 Costos del diseño del Sistema Fotovoltaico

Para el costo del sistema fotovoltaico se tomo en cuenta el precio del mercado internacional que el fabricante de la Compañia Isofoton nos pudo acceder a esos precios reales. Por tal razón acontinuacion detallamos en la tabla 4.3 los costos totales para la implementación de este sistema.

Tabla 4.3 Costos totales para la generación de Energía Eléctrica

Costos para el Diseño del Sistema Fotovoltaico				
Numero	Descripcion	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
1	<u>Sistema de generacion</u>			
	Módulos Fotovoltaicos 110W (ISOFOFÓN)	2	495	990
	Estructura Metálicas (Para 2 módulos)	1	25	25
2	<u>Sistema de Acumulacion</u>			
	Bateria 12V / 220Ah	1	120	120
3	<u>Sistema de Control y Transformación</u>			
	Controlador ISOLER 20 A/12 V	1	120	120
	Breaker CD 20 A (I / Carga)	1	10	10
	Inversor 150 W/12 V/120 VCA	1	80	80
4	<u>Otros Accesorios</u>			
	Cable Royal Cord	20	3,75	75
	CablesAWG 12 (m)	50	0,2	10
	Tape PVC 60'	2	0,3	0,6
	Otros Accesorios (cajas, canaletas, tornillería, etc.)	1	50	50
Total (USD)				1480,6

4.2.3 Costos del Diseño del Hidroseguidor

Para la implementación del sistema hidroseguidor tomamos en cuenta algunos detalles que acontinuacion vamos a dar a conocer en la tabla 4.4 que data todos los materiales utilizados para la fabricación del hidroseguidor.

Tabla 4.4 Costos del sistema hidroseguidor.

Costos para el Diseño del Hidroseguidor				
Numero	Descripcion	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
1	Tanque de Reservorio	2	100	200
2	Poleas	2	10	20
3	Sensores	2	20	40
4	Graba	2	8	16
5	Medidor de nivel visual	1	20	20
6	Válvulas check o retención	2	5	10
7	Flotador de peso constante	2	5	10
8	Flotador de peso variable	1	5	5
9	Contrapesos	2	3	6
10	Manguera	2	2	4
11	Tuberías	1	10	10
12	Eje de (1 1/4" de diametro* 150cm de largo)	2	15	30
13	Estructura (perfiles 2")	1	4,5	4,5
14	Estructura	1	10	10
Total (USD)				385,5

4.2.4 Costo Total del Diseño

Para dar a conocer el monto total del sistema en general tomamos en cuenta la sumatoria de los tres anteriores costos de implementación. En la tabla 4.5 detallamos tales costos.

Tabla 4.5 Costos Totales del Diseño

COSTO TOTAL DEL DISEÑO	
Detalles de Descripcion	Valor Total (USD)
Costos del Diseño de la Climatizacion	389,255
Costos para el Diseño del Sistema Fotovoltaico	1480,6
Costos para el Diseño del Hidroseguidor	385,5
Total del Equipamiento	2255,355
Montaje y puesta a punto	100
Mano de Obra	223,83
Total General (USD)	2579,185



4.2.5 Consumo Energético del Diseño de Climatización con (SFV)

Tomando en cuenta la carga requerida en la climatización es de 2,5 kW. y el costo del kW – hora de energía eléctrica que es de 12 centavos de dólar dato proporcionado por la E.E.R.S.S.A se tiene

El ahorro por energía Solar

- Potencia de la Carga Necesaria = 2,5 kW
- Tiempo de trabajo al día = 8h
- Tiempo de Trabajo al Mes = 30 días
- Costo del Kilovatio = 0,12 USD

$$\text{Consumo Anual} = (2,5kW)(8h)(30días)$$

$$\text{Consumo Anual} = 600kW$$

$$\text{Costo de Energía Solar} = (2,5kW)(8h)(0,12USD)(30días)$$

$$\text{Costo de Energía Solar} = 72USD_{MENSUAL}$$

4.2.6 Consumo Energético del Diseño de Climatización con (Corriente Eléctrica)

De dar a conocer el consumo de energía eléctrica consumida durante todo un año tomando en cuenta que se utilizo Corriente Alterna generada de los sistemas convencionales (hidroeléctricas). Acontinuacion se da a conocer el consumo.

- Potencia de la Carga Necesaria = 2,5 kW
- Costo del kWh = 0,09 USD
- Tiempo de trabajo al día = 24h
- Tiempo de trabajo al mes = 30días
-

$$\text{kilovatios consumidos al mes} = (24)h(2,5)kW(30días)$$

$$\text{kilovatios consumidos al mes} = 1800kW$$

Costo total de los Kilovatios consumidos al mes



$$C_{TOTAL} = (0,12 USD)(1800 kWh)$$

$$C_{TOTAL} = 216 USD_{MENSUAL}$$

4.2.7 Cálculo de la Tasa de Retorno de Inversión (TRI)

Para obtener el valor de la tasa de retorno de inversión tomamos en cuenta el costo total del proyecto y el costo de la energía solar.

$$TRI = \frac{\text{Costo Total del Proyecto}}{\text{Costo de Energía Solar}}$$

$$TRI = \frac{(2579,185 USD)}{\left(72 \frac{USD}{MESES}\right)}$$

Tiempo de recuperación de la inversión.

$$TRI = 35,8 \text{ MESES } o \text{ } 2,9 \text{ Años}$$

4.2.8 Cálculo de la Tasa de Eficiencia Económica (E)

A continuación se detalla la tasa de eficiencia económica.

$$E = \frac{1}{TRI} * 100\%$$

$$E = \frac{1}{2,9} * 100$$

$$E = 34,5 \frac{\%}{Año}$$



CONCLUSIONES

Luego de haber terminado satisfactoriamente este trabajo de investigación científica y después de haber alcanzado nuestros objetivos e hipótesis propuestas concluimos lo siguiente.

1. Con el diseño óptimo del sistema de climatización (ventilación y extracción) diremos que es idóneo para mejorar las condiciones de confort de una casa.
2. Con la obtención de la potencia de los motores de la ventilación y extracción esta nos ayudo para la selección de los paneles fotovoltaicos que alimentaran a estos motores de corriente eléctrica.
3. Con la utilización del Software Fotosoft para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico. Este fue muy importante para concluir que necesitaremos dos paneles de 110 W de potencia y el subsistema de acumulación que en este caso será una batería, además éste constituye una vía rápida y confiable para el diseño de un SFV.
4. Con el diseño un optimo del dispositivo Hidroseguidor Solar permitirá mejorar la eficiencia de captación en un 35% en los paneles fotovoltaicos y por ende mejorar la generación de energía eléctrica.
5. El procedimiento empleado como metodología de diseño basado en el balance energético para este sistema, tomando en cuenta las condiciones meteorológicas de la provincia de Loja es aplicable a un SFV con un Hidroseguidor para generar pequeña potencia.
6. Con la utilización de la energía solar para los sistemas fotovoltaicos se deja de emitir CO₂ por concepto de cada kW generado y por ende se da un ahorro energía eléctrica.
7. Al utilizar este sistema para generar corriente eléctrica por intermedio de paneles solares tendrá como beneficio el ahorro de dinero.





RECOMENDACIONES

Después de tener un claro conocimiento de todo lo abarcado en el presente trabajo y teniendo en cuenta por delante que se alcanzó las metas trazadas podemos hacer las siguientes recomendaciones.

1. Recomendamos impartir los conocimientos exactos acerca de lo importantes que son las Energías Alternativas y sus usos que se le pueden dar de acuerdo a lo que se quiera estudiar.
2. Estimar bien las velocidades adecuadas dentro de la climatización para evitar posibles ruidos y gastos de energía.
3. El personal de trabajo debe contar con los implementos de seguridad y normas adecuadas para realizar mantenimiento al sistema fotovoltaico.
4. Diseñar prototipos mejores con el fin de tener mayor eficiencia para la captación de energía solar.
5. Recomendamos y solicitamos a las autoridades dar el suficiente apoyo para los estudios que se hagan dentro de las energías alternativas.





BIBLIOGRAFÍA

1. **Catálogo: Hitachi Packaged Air Conditioners**
Air-cooled type, Hitachi
2. **Catálogo: Rejillas de suministro y controles, Rejillas de retorno Aerometal**
3. **Catálogo de Ventilación**
Salvador Escoda, Segunda edición
4. **Climatización y medio ambiente**
Aroca, A. Air Conditioning Iberia S. A, 1998
5. **Energía Solar Aplicaciones Prácticas**
Hans Rau.
6. **Energía Solar Fotovoltaica**
Mundo Electrónico.
7. **Instalaciones de Climatización**
Ing. Castilla Sara, Ing. Padrón Verónica, Editora ISPJAE.
8. **Manual de Aire Acondicionado.**
Carrier Air Conditioning Company, Ediciones Marcombo, Barcelona México.
9. **Resistencia de Materiales**
P. A. STIOPIN, Editorial MIR Moscú, Cuarta Edición.
10. **Sistemas de Climatización, <http://www.cliseva.com/default.html>**
11. **Técnica de la Refrigeración y de la Climatización**
Editorial Científico Técnica de la Habana.
12. **Tecnología y Aplicación de la Energía Solar**
J. Richard Williams.
13. **Utilización y Aprovechamiento**
Editorial Paraninfo. Madrid.....Acosta R.



ENLACES WEB

- www.albasolar.com
- www.censolar.com
- www.solarsur.com
- www.mysolar.com
- www.solarco.com
- www.inelsacontrols.com
- www.usuarios.lycos.es/energia/solar.htm

ANEXOS

TABLA 1.- Caudales normalizados para una ventilación de lugares específicos a continuación detallamos algunos.

CAUDALES DE AIRE EXTERIOR EN L/S (Litros por segundo)			
Tipo de Local	Por persona	Por m ²	Por elemento
Almacenes		0.75 a 3	
Aparcamientos		5	
Archivos		0.25	
Aseos públicos			25
Auditorios y Aulas (1)	8		
Baños privados			15
Bares	12	12	
Cafeterías	15	15	
Canchas para el deporte	-	2.5	
Casinos y juegos	12	10	
Comedores	10	6	
Cocinas (ventil. general) (2)	8	2	
Campana			70
Descanso (salas de)	20	15	
Dormitorios	8	1.5	
Escuelas, Aulas Biblioteca	5	3	
Sala Profesores	5	1.5	
Espera y recepción	8	4	
Estudios fotográficos		2.5	
Exposiciones (salas de)	8	4	
Fiestas (salas de), baile, discotecas	15	13	
Fisioterapia (salas de)	10	1.5	
Gimnasios	12	4	
Gradas de recintos deportivos	8	12	
Grandes almacenes	8	1	
Habitaciones de hotel			15
Habitaciones de hospital	15		
Imprentas, reproducción y planos		2.5	
Laboratorios en general	10	3	
Lavanderías industriales	15	5	
Vestíbulos	10	15	
Oficinas y proceso de datos	10	1	
Paseos de centros comerciales	10		
Piscinas (2)		2.5	
Quirófanos y anexos	15	3	
Reuniones (salas de), (3)	10	5	
Salas de curas y recuperación	12	2	
Supermercados	8	1.5	
Talleres en general	30	3	
Talleres en centros docentes	10	3	
Tiendas en general	10	1	
Tiendas de animales		5	
Tiendas especiales (Peluq., Farmacia, etc.)	8-13	2-8	
UVIs	10	1.5	
Vestuarios		2.5	10

(1) Sin fumadores. Con humo de tabaco añadir + 50%.
 (2) Para evitar condensaciones debe ser superior.
 (3) Con fumadores 30 l/s persona.

TABLA 2.- Caudales para la extracción de cocinas residenciales con estilo campana e isla.

TABLA ORIENTATIVA PARA LA ELECCIÓN DEL EXTRACTOR O CAMPANA DE COCINA MÁS ADECUADOS. COCINAS CON CAMPANAS ADOSADAS A LA PARED.				
Longitud área de cocción (cota L)	Caudal aconsejado (m³/h)	Modelo de extractor SP según longitud del conducto de salida		
		0 a 5 m	5 a 15 m	más de 15 m
Hasta 60 cm	200-300	CK-25N TD-250 Campana de 60 cm con 1 motor	CK-35N CK-40 y CK-40F TD-350 Campana de 60 cm con 2 motores o motor tangencial	CK-40 y CK-40F CK-50 y ECO-500 TD-500 Campana de 60 cm con motor tangencial
Hasta 90 cm	300-600	CK-35N CK-40 y CK-40F CK-50 y ECO-500 TD-350, TD-500 Campana de 90 cm con 2 motores o motor tangencial	CK-40 y CK-40F CK-50 y ECO-500 CK-60F TD-500 Campana de 90 cm con 2 motores o motor tangencial	CK-50 y ECO-500 CK-60F TD-800 Campana de 90 cm con motor tangencial

TABLA ORIENTATIVA PARA LA ELECCIÓN DEL EXTRACTOR O CAMPANA DE COCINA MÁS ADECUADOS. COCINAS CON CAMPANAS TIPO ISLA.				
Longitud área de cocción (cota L)	Caudal aconsejado (m³/h)	Modelo de extractor SP según longitud del conducto de salida		
		0 a 5 m	5 a 15 m	más de 15 m
Hasta 60 cm	300-450	CK-40 y CK-40F CK-50 y ECO-500 CK-50 TD-500 Campanas tipo Isla de 90 cm	CK-60F CKB-600 TD-500 Campanas tipo Isla de 90 cm	CKB-800 TD-800 Campanas tipo Isla de 90 cm
Hasta 90 cm	450-900	CK-50 y ECO-500 CK-60F TD-500 Campanas tipo Isla de 120 cm	CK-60F CKB-800 TD-800 Campanas tipo Isla de 120 cm	CKB-1200 TD-1000 Campanas tipo Isla de 120 cm

TABLA 3.- Velocidades Máximas Recomendadas para sistemas de Baja Velocidad (m/s).

APLICACIÓN	FACTOR DE CONTROL DEL NIVEL DE RUIDO (conductos principales)	FACTOR DE CONTROL - ROZAMIENTO EN CONDUCTO			
		Conductos principales		Conductos derivados	
		Suministro	Retorno	Suministro	Retorno
Residencias	3	5	4	3	3
Apartamentos Dormitorios de hotel Dormitorios de hospital	5	7,5	6,5	6	5
Oficinas particulares Despachos de directores Bibliotecas	6	10	7,5	8	6
Salas de cine y teatro Auditorios	4	6,5	5,5	5	4
Oficinas públicas Restaurantes de primera categoría Comercios de primera categoría Bancos	7,5	10	7,5	8	6
Comercios de categoría media Cafeterías	9	10	7,5	8	6
Locales industriales	12,5	15	9	11	7,5

TABLA 4.- Se detalla las Perdidas por rozamiento en Conductor de Acuerdo a los Caudales que se obtenga.

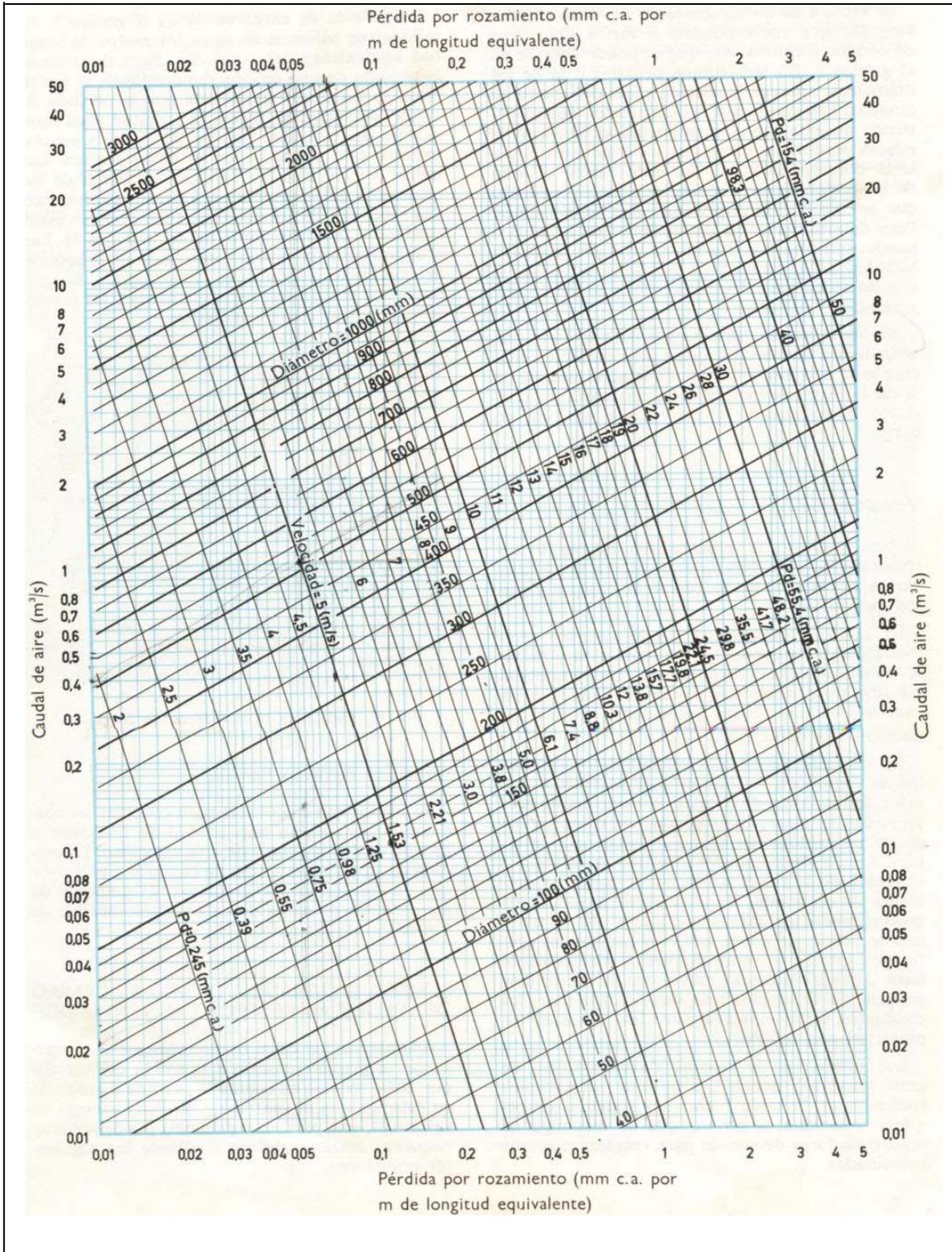


TABLA 5.- Dimensiones de Conductos, Área de la Sección, Diámetro Equivalente, y Tipo de Conducto.

MEDIDAS DEL CONDUCTO (mm)	150		200		250		300		350		400		450		500		550	
	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diam. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)
250	0,036	213	0,048	249	0,06	287												
300	0,042	231	0,057	272	0,071	302	0,087	333										
350	0,048	249	0,067	292	0,084	328	0,103	361	0,119	389								
400	0,055	264	0,075	308	0,094	348	0,115	384	0,134	414	0,154	445						
450	0,061	280	0,084	328	0,106	368	0,129	407	0,151	439	0,173	470	0,196	501				
500	0,067	292	0,092	343	0,117	384	0,142	427	0,168	460	0,192	496	0,216	526	0,242	556		
550	0,072	305	0,10	358	0,128	404	0,156	447	0,184	485	0,21	518	0,238	551	0,264	582	0,292	612
600	0,078	315	0,107	371	0,139	422	0,169	465	0,198	503	0,229	541	0,257	574	0,288	607	0,316	638
650	0,082	326	0,116	384	0,149	435	0,182	483	0,214	524	0,246	561	0,278	597	0,31	630	0,341	664
700	0,088	335	0,123	396	0,158	450	0,193	498	0,229	541	0,265	582	0,301	620	0,333	655	0,368	689
750	0,093	346	0,13	409	0,168	465	0,205	514	0,244	559	0,283	602	0,32	640	0,36	677	0,392	711
800	0,099	356	0,137	419	0,179	478	0,218	529	0,26	576	0,301	620	0,341	661	0,381	698	0,418	734
850	0,105	366	0,146	432	0,188	490	0,23	544	0,274	592	0,318	637	0,36	678	0,404	719	0,443	756
900	0,109	374	0,153	442	0,198	504	0,242	556	0,288	607	0,336	656	0,378	696	0,424	736	0,467	775
950	0,113	381	0,16	452	0,208	516	0,255	572	0,303	622	0,352	671	0,398	714	0,448	757	0,494	798
1.000	0,118	389	0,167	463	0,216	526	0,267	585	0,318	637	0,368	686	0,418	732	0,469	775	0,517	816
1.050	0,123	396	0,172	470	0,225	536	0,276	595	0,33	650	0,384	701	0,436	747	0,492	793	0,54	834
1.100	0,128	404	0,18	480	0,233	546	0,288	607	0,343	662	0,401	716	0,453	762	0,513	810	0,563	852
1.150	0,132	412	0,186	488	0,242	556	0,298	618	0,359	678	0,416	729	0,472	777	0,534	825	0,586	869
1.200	0,137	419	0,193	498	0,25	567	0,31	630	0,373	691	0,43	742	0,491	793	0,553	841	0,611	887
1.250			0,196	506	0,26	577	0,32	641	0,384	701	0,448	757	0,51	808	0,573	856	0,633	903
1.300			0,205	514	0,27	587	0,33	651	0,398	714	0,463	770	0,53	824	0,594	871	0,656	915
1.350			0,212	521	0,276	595	0,343	664	0,41	724	0,478	782	0,546	836	0,614	896	0,679	935
1.400			0,218	531	0,286	605	0,354	674	0,422	734	0,492	793	0,563	849	0,636	902	0,702	951
1.450			0,225	536	0,296	615	0,365	684	0,434	744	0,507	806	0,58	862	0,654	915	0,724	965
1.500			0,237	544	0,303	622	0,376	694	0,448	756	0,523	819	0,602	876	0,673	927	0,747	983
1.600			0,244	559	0,32	640	0,392	709	0,472	778	0,548	841	0,636	902	0,714	956	0,79	1.008
1.700					0,336	656	0,415	729	0,497	798	0,58	862	0,665	923	0,752	981	0,831	1.034
1.800					0,355	674	0,436	746	0,527	820	0,61	885	0,697	946	0,786	1.004	0,876	1.063
1.900					0,38	696	0,454	762	0,543	834	0,632	900	0,735	971	0,824	1.029	0,923	1.088
2.000					0,384	701	0,478	782	0,57	854	0,67	925	0,766	991	0,853	1.052	0,961	1.113
2.100							0,502	800	0,594	876	0,698	946	0,792	1.008	0,9	1.075	0,998	1.133
2.200							0,517	813	0,615	887	0,73	966	0,827	1.030	0,934	1.095	1,035	1.152
2.300							0,535	828	0,64	905	0,753	982	0,868	1.055	0,962	1.113	1,081	1.177
2.400							0,546	839	0,65	920	0,778	996	0,898	1.070	0,999	1.130	1,118	1.200
2.500									0,685	937	0,787	1.020	0,907	1.080	1,045	1.155	1,138	1.210
2.600									0,704	951	0,824	1.030	0,94	1.105	1,072	1.172	1,202	1.240
2.700									0,731	966	0,852	1.045	0,952	1.119	1,11	1.194	1,238	1.261
2.800									0,75	981	0,88	1.063	1,005	1.135	1,138	1.205	1,275	1.278
2.900											0,908	1.078	1,040	1.158	1,165	1.222	1,32	1.303
3.000											0,925	1.090	1,065	1.168	1,21	1.248	1,33	1.308
3.100											0,94	1.105	1,1	1.185	1,238	1.260	1,387	1.331
3.200											0,953	1.120	1,12	1.197	1,277	1.279	1,432	1.353
3.300													1,156	1.216	1,302	1.292	1,46	1.368
3.400													1,185	1.231	1,334	1.310	1,498	1.380
3.500													1,22	1.241	1,352	1.321	1,525	1.397
3.600													1,23	1.252	1,397	1.344	1,551	1.414

* Los números de mayor tamaño que figuran en la tabla indican la clase de conducto.

TABLA 5.- Dimensiones de Conductos, Área de la Sección, Diámetro Equivalente, y Tipo de Conducto.

MEDIDAS DEL CONDUCTO (mm)	600		650		700		750		800		850		900		950		1.000	
	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)
250																		
300																		
350																		
400																		
450																		
500																		
550																		
600	0,346	666																
650	0,373	692	0,407	722														
700	0,401	716	0,437	749	0,472	777												
750	0,433	745	0,468	775	0,502	803	0,543	834										
800	0,457	765	0,497	798	0,536	829	0,576	859	0,618	889								
850	0,485	788	0,527	823	0,568	854	0,61	884	0,654	914	0,697	944						
900	0,517	813	0,549	838	0,603	875	0,646	909	0,692	940	0,736	971	0,783	1.002				
950	0,542	834	0,591	869	0,636	903	0,679	934	0,728	966	0,775	996	0,822	1.028	0,873	1.057		
1.000	0,569	853	0,622	893	0,668	925	0,714	955	0,767	992	0,816	1.020	0,864	1.052	0,914	1.083	0,972	1.114
1.050	0,597	874	0,65	914	0,702	948	0,752	981	0,803	1.015	0,853	1.044	0,907	1.078	0,963	1.108	1,018	1.139
1.100	0,624	894	0,679	934	0,733	969	0,786	1.004	0,840	1.038	0,89	1.068	0,952	1.103	1,0	1.133	1,054	1.165
1.150	0,652	914	0,706	951	0,764	990	0,818	1.025	0,877	1.057	0,934	1.093	0,99	1.127	1,045	1.159	1,1	1.190
1.200	0,675	930	0,736	971	0,794	1.009	0,856	1.046	0,915	1.082	0,972	1.116	1,027	1.148	1,092	1.180	1,148	1.215
1.250	0,702	949	0,764	990	0,823	1.028	0,89	1.068	0,953	1.105	1,008	1.139	1,072	1.171	1,128	1.204	1,2	1.240
1.300	0,728	966	0,792	1.006	0,856	1.046	0,924	1.089	0,99	1.126	1,054	1.161	1,118	1.198	1,175	1.226	1,248	1.263
1.350	0,755	984	0,818	1.025	0,89	1.066	0,963	1.108	1,018	1.143	1,092	1.181	1,165	1.219	1,22	1.248	1,295	1.286
1.400	0,779	999	0,848	1.042	0,92	1.084	0,99	1.126	1,055	1.163	1,128	1.201	1,2	1.241	1,268	1.272	1,34	1.308
1.450	0,798	1.011	0,877	1.059	0,952	1.102	1,018	1.143	1,092	1.184	1,165	1.223	1,238	1.260	1,312	1.296	1,388	1.331
1.500	0,822	1.027	0,902	1.074	0,97	1.118	1,055	1.165	1,128	1.202	1,2	1.242	1,275	1.280	1,35	1.318	1,435	1.355
1.600	0,872	1.057	0,952	1.105	1,035	1.154	1,118	1.199	1,192	1.238	1,275	1.280	1,358	1.321	1,432	1.356	1,525	1.398
1.700	0,923	1.088	1,008	1.135	1,091	1.185	1,183	1.229	1,267	1.275	1,35	1.316	1,441	1.359	1,525	1.396	1,616	1.438
1.800	0,961	1.115	1,063	1.165	1,147	1.215	1,248	1.262	1,331	1.308	1,423	1.351	1,515	1.395	1,608	1.435	1,692	1.475
1.900	0,998	1.141	1,108	1.194	1,21	1.245	1,302	1.292	1,396	1.340	1,498	1.388	1,599	1.430	1,692	1.470	1,785	1.511
2.000	1,063	1.168	1,165	1.219	1,267	1.272	1,359	1.321	1,46	1.368	1,572	1.418	1,673	1.462	1,775	1.505	1,875	1.599
2.100	1,108	1.192	1,22	1.248	1,312	1.299	1,423	1.350	1,525	1.397	1,636	1.448	1,748	1.496	1,858	1.542	1,96	1.584
2.200	1,155	1.217	1,266	1.272	1,368	1.325	1,488	1.380	1,598	1.429	1,71	1.478	1,821	1.528	1,932	1.575	2,042	1.618
2.300	1,192	1.237	1,312	1.299	1,433	1.355	1,543	1.405	1,665	1.457	1,775	1.507	1,895	1.557	2,015	1.604	2,128	1.650
2.400	1,228	1.258	1,368	1.325	1,469	1.371	1,59	1.426	1,72	1.486	1,821	1.530	1,95	1.580	2,095	1.639	2,22	1.682
2.500	1,285	1.285	1,386	1.344	1,545	1.402	1,655	1.455	1,775	1.508	1,905	1.562	1,998	1.600	2,165	1.664	2,293	1.715
2.600	1,35	1.315	1,46	1.368	1,58	1.422	1,72	1.485	1,84	1.538	1,98	1.592	2,095	1.639	2,228	1.690	2,365	1.740
2.700	1,368	1.325	1,498	1.388	1,627	1.443	1,775	1.508	1,895	1.559	2,035	1.612	2,17	1.669	2,293	1.715	2,45	1.770
2.800	1,396	1.348	1,552	1.410	1,692	1.473	1,82	1.528	1,95	1.582	2,08	1.632	2,265	1.702	2,375	1.745	2,505	1.790
2.900	1,46	1.370	1,6	1.432	1,747	1.495	1,878	1.552	2,035	1.615	2,17	1.670	2,295	1.715	2,425	1.762	2,605	1.825
3.000	1,497	1.387	1,645	1.451	1,793	1.515	1,932	1.575	2,095	1.639	2,235	1.695	2,41	1.768	2,515	1.794	2,683	1.855
3.100	1,535	1.402	1,7	1.475	1,83	1.532	1,995	1.600	2,145	1.660	2,33	1.728	2,45	1.775	2,605	1.825	2,735	1.881
3.200	1,58	1.425	1,738	1.492	1,878	1.552	2,06	1.628	2,19	1.678	2,37	1.744	2,525	1.800	2,655	1.848	2,79	1.894
3.300	1,608	1.436	1,785	1.512	1,922	1.570	2,09	1.635	2,265	1.703	2,43	1.765	2,61	1.830	2,765	1.880	2,855	1.948
3.400	1,655	1.456	1,822	1.528	1,978	1.593	2,125	1.650	2,32	1.723	2,485	1.785	2,65	1.845	2,82	1.900	3,015	1.964
3.500	1,71	1.478	1,877	1.550	2,06	1.627	2,23	1.689	2,395	1.752	2,545	1.805	2,715	1.868	2,915	1.932	3,095	1.988
3.600	1,738	1.490	1,905	1.562	2,095	1.638	2,29	1.715	2,43	1.765	2,61	1.829	2,765	1.885	2,955	1.948	3,14	2.010

* Los números de mayor tamaño que figuran en la tabla indican la clase de conducto.

TABLA 5.- Dimensiones de Conductos, Área de la Sección, Diámetro Equivalente, y Tipo de Conducto.

MEDIDAS DEL CONDUCTO (mm)	1.050		1.100		1.150		1.200		1.250		1.300		1.350		1.400		1.450	
	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)
1.050	1,065	1.165																
1.100	1,109	1.190	1,165	1.222														
1.150	1,155	1.215	1,21	1.248	1,276	1.278												
1.200	1,2	1.240	1,265	1.275	1,32	1.302	1,395	1.336										
1.250	1,248	1.265	1,322	1.300	1,378	1.327	1,452	1.361	1,505	1.389								
1.300	1,302	1.290	1,368	1.325	1,432	1.352	1,497	1.388	1,57	1.418	1,598	1.444						
1.350	1,349	1.316	1,42	1.350	1,486	1.378	1,55	1.413	1,625	1.443	1,69	1.469	1,773	1.508				
1.400	1,395	1.339	1,468	1.375	1,542	1.403	1,605	1.435	1,68	1.468	1,745	1.495	1,81	1.523	1,894	1.555		
1.450	1,45	1.363	1,525	1.398	1,588	1.426	1,66	1.460	1,735	1.495	1,81	1.523	1,885	1.555	1,948	1.582	2,03	1.612
1.500	1,495	1.388	1,57	1.418	1,645	1.451	1,718	1.485	1,8	1.519	1,875	1.550	1,948	1.579	2,014	1.608	2,075	1.634
1.600	1,597	1.432	1,67	1.467	1,755	1.489	1,828	1.531	1,912	1.565	1,995	1.595	2,07	1.630	2,145	1.658	2,028	1.698
1.700	1,69	1.473	1,782	1.511	1,855	1.545	1,95	1.578	2,025	1.609	2,115	1.646	2,195	1.679	2,28	1.709	2,355	1.735
1.800	1,792	1.515	1,875	1.552	1,975	1.591	2,05	1.621	2,135	1.655	2,235	1.692	2,315	1.723	2,41	1.756	2,505	1.790
1.900	1,885	1.555	1,975	1.592	2,07	1.629	2,16	1.668	2,265	1.702	2,355	1.738	2,44	1.769	2,54	1.802	2,67	1.850
2.000	1,975	1.592	2,07	1.630	2,17	1.668	2,27	1.708	2,374	1.745	2,475	1.782	2,595	1.825	2,66	1.848	2,78	1.885
2.100	2,07	1.629	2,17	1.670	2,28	1.708	2,385	1.748	2,485	1.785	2,595	1.825	2,69	1.858	2,79	1.892	2,91	1.932
2.200	2,15	1.660	2,26	1.702	2,375	1.745	2,485	1.785	2,595	1.825	2,715	1.863	2,825	1.900	2,93	1.938	3,02	1.970
2.300	2,245	1.698	2,365	1.740	2,475	1.702	2,595	1.825	2,705	1.862	2,815	1.900	2,95	1.944	3,055	1.978	3,155	2.010
2.400	2,33	1.727	2,47	1.778	2,55	1.805	2,715	1.865	2,79	1.892	2,935	1.940	3,065	1.980	3,13	2.002	3,295	2.050
2.500	2,405	1.755	2,505	1.790	2,675	1.850	2,79	1.891	2,915	1.935	3,02	1.968	3,12	1.998	3,28	2.050	3,38	2.085
2.600	2,505	1.790	2,625	1.832	2,715	1.878	2,873	1.916	3,02	1.968	3,145	2.008	3,305	2.055	3,425	2.095	3,555	2.135
2.700	2,59	1.821	2,725	1.870	2,83	1.900	2,985	1.955	3,075	1.982	3,26	2.045	3,38	2.085	3,555	2.132	3,675	2.172
2.800	2,695	1.859	2,79	1.892	2,95	1.942	3,06	1.982	3,225	2.030	3,48	2.085	3,51	2.120	3,675	2.170	3,775	2.195
2.900	2,775	1.885	2,955	1.945	3,02	1.968	3,145	2.008	3,315	2.060	3,505	2.120	3,68	2.170	3,79	2.200	3,92	2.240
3.000	2,835	1.905	3,02	1.968	3,105	1.992	3,31	2.055	3,455	2.105	3,635	2.155	3,775	2.200	3,87	2.225	4,025	2.270
3.100	2,91	1.930	3,105	1.993	3,175	2.027	3,37	2.075	3,555	2.135	3,755	2.188	3,835	2.215	4,0	2.265	4,12	2.295
3.200	2,97	1.952	3,14	2.005	3,345	2.070	3,465	2.110	3,62	2.144	3,825	2.210	3,965	2.250	4,12	2.295	4,33	2.350
3.300	3,065	1.980	3,22	2.030	3,405	2.090	3,58	2.140	3,755	2.190	3,935	2.248	4,075	2.285	4,24	2.332	4,43	2.385
3.400	3,14	2.008	3,285	2.050	3,51	2.120	3,665	2.165	3,85	2.220	4,05	2.275	4,14	2.305	4,375	2.370	4,58	2.425
3.500	3,26	2.045	3,415	2.090	3,58	2.145	3,74	2.190	3,915	2.235	4,14	2.305	4,29	2.345	4,49	2.395	4,64	2.443
3.600	3,305	2.060	3,49	2.115	3,695	2.175	3,82	2.210	4,07	2.285	4,22	2.325	4,42	2.375	4,58	2.425	4,76	2.470

* Los números de mayor tamaño que figuran en la tabla indican la clase de conducto.

TABLA 5.- Dimensiones de Conductos, Área de la Sección, Diámetro Equivalente, y Tipo de Conducto.

MEDIDAS DEL CONDUCTO (mm)	1.500		1.600		1.700		1.800		1.900		2.000		2.100		2.200		2.300	
	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m ²)	Diám. equiv. (mm)
1.050																		
1.100																		
1.150																		
1.200																		
1.250																		
1.300																		
1.350																		
1.400																		
1.450																		
1.500	2,17	1.670																
1.600	2,31	1.720	2,47	1.780														
1.700	2,45	1.770	2,62	1.833	2,79	1.890												
1.800	2,59	1.823	2,76	1.883	2,94	1.941	3,12	2.005										
1.900	2,73	1.872	2,92	1.934	3,09	1.992	3,3	2.057	3,48	2.115								
2.000	2,87	1.913	3,07	1.985	3,25	2.043	3,46	2.105	3,66	2.165	3,85	2.222						
2.100	3,0	1.960	3,22	2.028	3,42	2.094	3,62	2.156	3,82	2.215	4,04	2.275	4,25	2.332				
2.200	3,14	2.008	3,35	2.073	3,57	2.138	3,83	2.207	4,02	2.265	4,22	2.325	4,43	2.385	4,67	2.445		
2.300	3,29	2.055	3,5	2.115	3,73	2.185	3,96	2.255	4,18	2.315	4,41	2.380	4,63	2.435	4,87	2.495	5,1	2.552
2.400	3,42	2.100	3,68	2.170	3,89	2.240	4,12	2.300	4,38	2.370	4,6	2.430	4,78	2.480	5,1	2.554	5,34	2.615
2.500	3,55	2.130	3,81	2.210	4,08	2.292	4,38	2.370	4,64	2.440	4,78	2.485	4,92	2.510	5,24	2.605	5,56	2.670
2.600	3,72	2.185	3,96	2.250	4,27	2.335	4,46	2.385	4,76	2.520	4,96	2.525	5,29	2.605	5,49	2.655	5,76	2.715
2.700	3,85	2.225	4,08	2.285	4,33	2.355	4,63	2.435	4,89	2.505	5,14	2.555	5,41	2.630	5,64	2.685	5,98	2.770
2.800	3,91	2.235	4,18	2.315	4,52	2.405	4,78	2.470	5,02	2.530	5,3	2.605	5,44	2.640	5,88	2.750	6,21	2.805
2.900	4,07	2.285	4,4	2.375	4,73	2.455	4,96	2.520	5,27	2.595	5,56	2.665	5,85	2.735	6,12	2.800	6,4	2.860
3.000	4,2	2.320	4,59	2.425	4,78	2.475	5,16	2.570	5,44	2.640	5,76	2.715	6,05	2.785	6,37	2.855	6,66	2.920
3.100	4,36	2.360	4,6	2.427	4,97	2.515	5,24	2.590	5,56	2.665	5,88	2.740	6,12	2.800	6,4	2.862	6,77	2.945
3.200	4,4	2.372	4,74	2.464	5,12	2.555	5,42	2.635	5,71	2.703	6,05	2.780	6,3	2.830	6,68	2.930	7,05	3.000
3.300	4,58	2.422	4,9	2.490	5,2	2.575	5,56	2.665	5,93	2.754	6,32	2.838	6,64	2.905	6,9	2.980	7,26	3.046
3.400	4,64	2.440	5,07	2.536	5,44	2.640	5,75	2.710	5,98	2.766	6,44	2.852	6,74	2.935	7,08	3.010	7,53	3.105
3.500	4,84	2.490	5,14	2.565	5,57	2.675	5,89	2.745	6,26	2.830	6,59	2.890	6,98	2.990	7,32	3.055	7,64	3.130
3.600	5,0	2.530	5,34	2.615	5,65	2.692	5,97	2.765	6,39	2.858	6,77	2.928	7,21	3.035	7,5	3.100	7,87	3.175

* Los números de mayor tamaño que figuran en la tabla indican la clase de conducto.

TABLA 6.- Porcentaje de Área de Sección Recta en Ramas para Conservar Constante de Rozamiento.

% CAUDAL m³/h	% ÁREA CONDUCTO						
1	2,0	26	33,6	51	59,0	76	81,0
2	3,5	27	34,5	52	60,0	77	82,0
3	5,5	28	35,5	53	61,0	78	83,0
4	7,0	29	36,5	54	62,0	79	84,0
5	9,0	30	37,5	55	63,0	80	84,5
6	10,5	31	38,0	56	64,0	81	85,5
7	11,5	32	40,0	57	65,0	82	86,0
8	13,0	33	41,0	58	65,5	83	87,0
9	14,5	34	42,0	59	66,5	84	87,5
10	16,5	35	43,0	60	67,5	85	88,5
11	17,5	36	44,0	61	68,0	86	89,5
12	18,5	37	45,0	62	68,0	87	90,0
13	19,5	38	46,0	63	70,0	88	90,5
14	20,5	39	47,0	64	71,0	89	91,5
15	21,5	40	48,0	65	71,5	90	92,0
16	23,0	41	49,0	66	72,5	91	93,0
17	24,0	42	50,0	67	73,5	92	94,0
18	25,0	43	51,0	68	74,5	93	94,5
19	26,0	44	52,0	69	75,5	94	95,0
20	27,0	45	53,0	70	76,5	95	96,0
21	28,0	46	54,0	71	77,0	96	96,5
22	29,5	47	55,0	72	78,0	97	97,5
23	30,5	48	56,0	73	79,0	98	98,0
24	31,5	49	57,0	74	80,0	99	99,0
25	32,5	50	58,0	75	80,5	100	100,0

Capacidad 100 % m³/h
Área 100 %

Capacidad 40 % m³/h
Área 48 %

Capacidad 60 % m³/h
Área 67,6 %

TABLA 7.- Rozamiento en Codos Rectangulares (Longitud Adicional Equivalente en Conducto Recto (metros)).

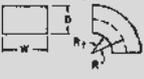
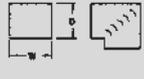
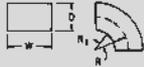
DIMENSIONES DEL CONDUCTO (cm)		CODO DE RADIO SIN GUÍAS	CODO DE RADIO CON GUÍAS ***		CODOS CUADRADOS ***			
								
W	D	Relación de radio ** R/D = 1,25	R _t = 150 mm (Recomendado)	R _t = 75 mm (Aceptable)	Guías cambio dirección Doble espesor	Guías cambio dirección Simple espesor		
LONGITUD ADICIONAL EQUIVALENTE DE CONDUCTO RECTO (METROS)								
				Deflec- tores	Deflec- tores			
240	120	9,22	13,40	2	12,60	3	11,80	17,70
	90	7,38	10,82	2	9,22	3	8,85	13,40
	75	6,51	9,22	2	11	2	7,30	10,95
	60	5,65	8,84	1	8,36	2	5,90	8,85
	50	4,67	8,23	1	7,30	2	5	7,30
180	120	8,26	13,04	2	11,92	3	10,45	17,70
	90	6,90	9,80	2	8,85	3	8,56	13,40
	75	6,20	8,40	2	8,80	2	7,43	10,95
	60	5,06	8,48	1	7,31	2	6,33	8,85
	50	4,42	6,78	1	5,75	2	5,31	7,30
	40	3,80	5,30	1	4,72	2	4,42	5,95
	30	3,56			4,50	1	3,20	4,50
150	120	8	12,17	2	11,43	3	9,74	17,70
	90	6,51	9,10	2	8,06	3	8,56	13,40
	75	5,65	7,50	2	9,20	2	6,88	10,95
	60	4,77	8,06	1	7,75	2	5,98	8,85
	50	4,18	6,44	1	6,17	2	5,01	7,30
	40	3,56	4,67	1	4,47	2	3,80	5,95
	30	2,95			4,21	1	2,95	4,50
120	240	13,31	10,48	3				
	120	7,67	10,38	2	9,98	3	8,56	17,70
	90	5,90	7,67	2	6,90	3	6,88	13,40
	75	5,28	6,88	2	6,40	2	6,20	10,95
	60	4,42	7,13	1	6,20	2	5,28	8,85
	50	4,18	5,65	1	5,03	2	4,46	7,30
	40	3,26	4,42	1	4,18	2	3,59	5,95
	30	2,62			3,80	1	2,96	4,50
	25	2,40			3,24	1	2,38	3,56
	20	2,39			2,67	1	2,08	2,98
105	105	6,81	8,23	2	7,57	3	7,17	15,55
	90	5,90	7,06	2	6,31	3	6,56	13,40
	75	5,03	6,30	2	7,74	2	5,92	10,95
	60	4,42	6,26	1	6,64	2	4,75	8,85
	50	3,87	5,28	1	4,70	2	4,18	7,30
	40	3,25	4,11	1	3,85	2	3,54	5,95
	30	2,66			3,80	1	2,66	4,50
	25	2,40			2,99	1	2,38	3,56
	20	2,08			2,33	1	1,72	2,98
80	180	10,04	8,04	3				
	90	5,60	8,59	2	5,69	3	5,90	13,40
	75	4,79	5,70	2	6,64	2	5,28	10,95
	60	4,14	5,95	1	6,47	2	4,42	8,85
	50	3,53	5,03	1	4,42	2	3,80	7,30
	40	2,98	3,82	1	3,82	2	3,25	5,95
	30	2,70			3,56	1	2,70	4,50
	25	2,38			2,85	1	2,33	3,56
	20	2,08			2,36	1	1,72	2,98
80	80	5,00	5,53	2	5,10	3	5,09	11,98
	75	4,76	5,45	2	6,20	2	5,03	10,95
	60	4,11	5,89	1	5,00	2	4,39	8,85
	50	3,54	4,67	1	4,18	2	3,56	7,30
	40	2,95	3,52	1	3,56	2	3,19	5,95
	30	2,33			3,51	1	2,33	4,50
	25	2,08			2,66	1	2,08	3,56
	20	1,72			2,38	1	1,72	2,98

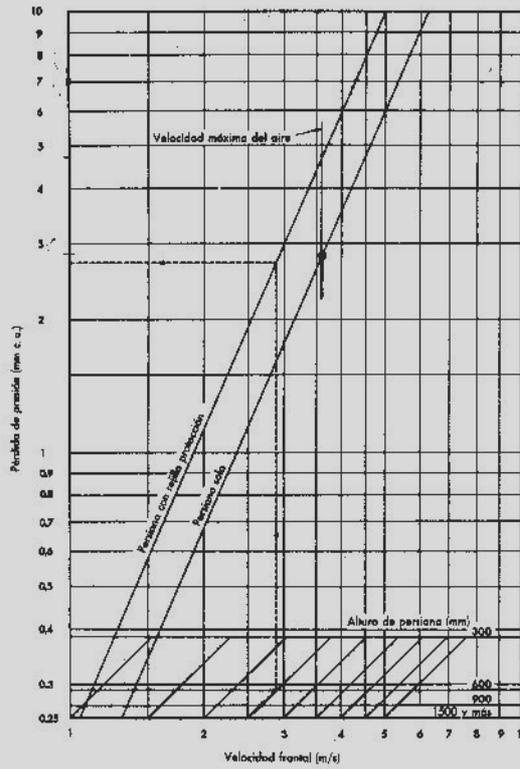
TABLA 7.- Rozamiento en Codos Rectangulares (Longitud Adicional Equivalente en Conducto Recto (metros)).

DIMENSIONES DEL CONDUCTO (cm)		CODO DE RADIO SIN GUÍAS	CODO DE RADIO CON GUÍAS ***		CODOS CUADRADOS ***			
								
W	D	Relación de radio ** R/D = 1,25	Rt = 150 mm (Recomendado)	Rt = 75 mm (Aceptable)	Guías cambio dirección Doble espesor	Guías cambio dirección Simple espesor		
LONGITUD ADICIONAL EQUIVALENTE DE CONDUCTO RECTO (METROS)								
70	70	4,40	4,22	2	5,03	2	4,16	10,33
	80	3,84	5,10	1	4,45	2	3,84	8,85
	50	3,54	4,40	1	3,80	2	3,54	7,30
	40	2,95	3,19	1	3,26	2	2,95	5,95
	30	2,33			3,21	1	2,33	4,60
	25	2,08			2,66	1	2,08	3,66
	20	1,72			2,38	1	1,72	2,98
60	240*	11,28	5,86	3			6,82	23,83
	180*	9,46	5,13	3			6,28	21,46
	120*	6,65	6,02	2	5,98	3	6,32	18,30
	80	3,74	4,76	1	4,17	2	3,53	8,85
	50	3,26	3,84	1	3,54	2	2,95	7,30
	40	2,91	3,25	1	2,92	2	2,64	5,95
	30	2,33			2,89	1	2,34	4,60
	25	2,05			2,33	1	2,06	3,66
	20	1,75			2,08	1	1,73	2,98
	15	1,47				1,17	2,36	
50	200*	9,47	4,88	3			6,65	19,83
	150*	7,75	5,86	2			5,03	17,41
	100*	6,50	4,50	2	4,13	3	4,13	14,67
	50	3,25	3,62	1	2,96	2	2,95	7,30
	40	2,66	2,61	1	2,70	2	2,37	5,95
	30	2,05			2,86	1	2,06	4,60
	25	1,80			2,37	1	1,80	3,66
	20	1,47			2,08	1	1,47	2,98
		15	1,17				1,17	2,36
40	160*	7,72	2,76	3			4,18	14,26
	120*	6,22	3,63	2	3,52	3	3,56	12,87
	80*	4,43	3,26	2	2,67	3	3,25	11,24
	40	2,68	2,36	1	2,40	2	2,08	5,95
	30	2,06			2,34	1	1,76	4,60
	25	1,78			1,77	1	1,49	3,66
	20	1,47			1,81	1	1,47	2,98
		15	1,17				1,17	2,36
30	120*	5,64	2,34	2	2,34	3	2,95	9,84
	80*	4,71	2,10	2	2,10	3	2,67	8,95
	60*	3,25	2,42	1	2,42	2	2,32	7,74
	30	2,05			2,01	1	1,49	4,60
	25	1,78			1,49	1	1,47	3,66
	20	1,47			1,47	1	1,16	2,98
	15	1,15				0,88	2,36	
25	100*	5,53	1,78	2	1,88	3	2,33	7,99
	75*	3,81	1,79	2	2,36	2	2,07	7,18
	60*	2,85	2,08	1	1,78	2	1,78	6,25
	25	1,47			1,49	1	1,19	3,66
	20	1,19			1,49	1	1,16	2,98
	15	1,19				0,88	2,36	
20	80*	3,82	1,53	2	1,23	3	1,79	6,26
	60*	3,21	1,77	1	1,49	2	1,79	5,65
	40*	2,33	1,15	1	1,47	2	1,47	4,73
	20	1,18			1,17	1	0,89	2,98
	15	0,88					0,89	2,36
15	80*	2,95	1,17	1	1,19	2	1,19	4,45
	45*	2,37	0,88	1	1,18	2	1,17	3,83
	30*	1,72			1,19	1	0,89	3,01
	15	0,88					0,89	2,36

* Dobladuras difíciles como la representada.
Dobladura difícil:  Dobladura fácil: 

** Para otras relaciones de radio, véase tabla 10.
*** Para otras dimensiones, véase tabla 10.
Los deflectores deben estar colocados como muestra el gráfico 8 página 29, para obtener estas mínimas pérdidas.

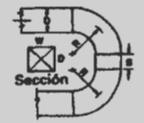
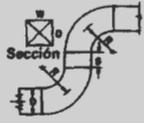
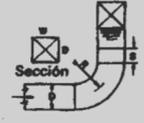
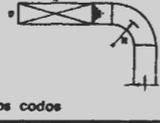
TABLA 8.-Pérdida de Presión en Persiana o Rejilla de Ventilación.



Ejemplo

Datos: Persiana fija con rejilla de protección de 600 mm de altura con velocidad frontal de 2,5 m/s
 Hallar: Pérdida de presión
 Solución: Pérdida de presión = 2,8 mm c.a.

Tabla 9 Rozamiento en los elementos del Sistema Rectangular

ELEMENTO	CONDICIONES	RELACIÓN L/D **																																									
<p>Codo de radio de sección rectangular</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">W/D</th> <th colspan="5">R/D</th> </tr> <tr> <th>0,5</th> <th>0,75</th> <th>1,00</th> <th>1,25 °</th> <th>1,50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td colspan="5">Relación L/D</td> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>33</td> <td>14</td> <td>9</td> <td>5</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>45</td> <td>18</td> <td>11</td> <td>7</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>80</td> <td>30</td> <td>14</td> <td>8</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>125</td> <td>40</td> <td>18</td> <td>12</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>	W/D	R/D					0,5	0,75	1,00	1,25 °	1,50		Relación L/D					0,5	33	14	9	5	4	1	45	18	11	7	4	3	80	30	14	8	5	6	125	40	18	12	7	
W/D	R/D																																										
	0,5	0,75	1,00	1,25 °	1,50																																						
	Relación L/D																																										
0,5	33	14	9	5	4																																						
1	45	18	11	7	4																																						
3	80	30	14	8	5																																						
6	125	40	18	12	7																																						
<p>Codo de radio de sección rectangular con guías</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Número de guías</th> <th colspan="4">R/D</th> </tr> <tr> <th>0,50</th> <th>0,75</th> <th>1,00</th> <th>1,50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td colspan="4">Relación L/D</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>18</td> <td>10</td> <td>8</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>	Número de guías	R/D				0,50	0,75	1,00	1,50		Relación L/D				1	18	10	8	7	2	12	8	7	7	3	10	7	7	6													
Número de guías	R/D																																										
	0,50	0,75	1,00	1,50																																							
	Relación L/D																																										
1	18	10	8	7																																							
2	12	8	7	7																																							
3	10	7	7	6																																							
<p>Codo de X°</p> 	<p>Codo de radio con o sin guías</p>	<p>X/90 multiplicado por el valor correspondiente a codo análogo de 90°</p>																																									
<p>Codo recto rectangular</p> 	<p>Sin guías</p> <p>Guías de cambio de dirección de simple espesor</p> <p>Guías de cambio de dirección de doble espesor</p>	<p>60</p> <p>15</p> <p>10</p>																																									
<p>Doble codo</p>  <p>W/D = 1, R/D = 1,25 °</p>	<p>S = O</p> <p>S = D</p>	<p>15</p> <p>10</p>																																									
<p>Doble codo</p>  <p>W/D = 1, R/D = 1,25 °</p>	<p>S = O</p> <p>S = D</p>	<p>20</p> <p>22</p>																																									
<p>Doble codo</p>  <p>W/D = 1, R/D = 1,25 ° para ambos</p>	<p>S = O</p> <p>S = D</p>	<p>15</p> <p>16</p>																																									
<p>Doble codo</p>  <p>W/D = 2, R1/D = 1,25 °, R2/D = 0,5</p>	<p>Dirección de la flecha</p> <p>Dirección inversa</p>	<p>45</p> <p>40</p>																																									
<p>Doble codo</p>  <p>W/D = 4, R/D = 1,25 ° para ambos codos</p>	<p>Dirección de la flecha</p> <p>Dirección inversa</p>	<p>17</p> <p>18</p>																																									