**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**Facultad de Ciencias Ambientales**

**Trabajo de Fin de Carrera previo a la obtención del Título de Ingeniera Ambiental**

# PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, FACTIBILIDAD ENERGÉTICA Y MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL REFUGIO JOSÉ FRANCISCO RIBAS, PARQUE NACIONAL COTOPAXI.

**Autora:**

**Sofía Alexandra Garcés Santander**

**Director:**

**Ing. Alonso Moreta**

**Quito – Ecuador**

**2012**

*"...Caminante, no hay camino,*
*se hace camino al andar.*
*Al andar se hace el camino,*
*y al volver la vista atrás*
*se ve la senda que nunca*
*se ha de volver a pisar..."*

Antonio Machado

Dedico este trabajo a Dios y mis padres, por ser el mejor ejemplo en mi vida.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, por permitirme culminar esta etapa y acompañarme en todos los momentos de mi vida, sin él nada de esto sería posible. A mis padres, porque son las personas que más amo y admiro, gracias por ser el mejor ejemplo, por la confianza depositada en mí y por el apoyo incondicional que recibo a diario de ustedes. A mi hermano, por acompañarme ser mi compañero de montaña y de vida.

Quiero agradecer de manera especial, al Grupo de Ascensionismo del Colegio San Gabriel, por darme la oportunidad de realizar este trabajo en sus instalaciones. Al personal del Refugio quienes me ayudaron en la fase de campo a lo largo del proyecto.

Al Ing. Alonso Moreta, Ing. Katty Coral y Arq. Guillermo Ramírez, no solo por el tiempo dedicado a la corrección del esta investigación, sino también por todos los conocimientos compartidos en las aulas de clase estos cinco años. Quiero agradecer también a la Ing. Laura Huachi, quien a pesar de no ser parte de mi tribunal de tesis, fue de gran apoyo en el desarrollo de este trabajo.

A mis amigas de Universidad, Fernanda Chávez, Daniela Moreno, Ana Latorre y Carolina Roca, por su sincera amistad estos cinco años. Como algún día les dije, más que amigas, la Universidad me dio cuatro hermanas. Quiero agradecer especialmente a mi negra, Carolina Roca, por estar este último mes de sol a sombra a mi lado y ser parte importante de la culminación de este proyecto. A Roberto Madera, por las noches de frio en la montaña y ser mi apoyo incondicional desde el inicio del proyecto.

Al Ing. Gustavo Viracucha y el Ing. Cristian Marin por brindarme su conocimiento desinteresado en el tema de Energía, específicamente en la cuantificación de paneles solares. Al Ing. José Iñiguez, por la ayuda en la elaboración de la cartografía de este estudio.

Y por último, quiero agradecer a todos mis amigos y familiares que de una u otra manera estuvieron presentes en el desarrollo de mi trabajo y a lo largo de estos cinco años de Universidad.

## RESUMEN

El turismo en el Ecuador ha aumentado considerablemente provocando un incremento en la llegada de personas al Parque Nacional Cotopaxi. Dentro de esta área protegida la parte más visitada es el Refugio José Francisco Ribas, ubicado a 4 800 m.s.n.m., el cual se ha visto afectado por la excesiva llegada de visitantes.

En este trabajo se propone un adecuado manejo a los impactos ambientales generados por la actividad turística del refugio como la contaminación del suelo, agua, aire y la generación de desechos sólidos. Se diseñó una planta de tratamiento para las aguas servidas que contaminan el suelo, se cuantificó el número de paneles solares para el abastecimiento energético, y por último, se planteó una propuesta al manejo de los desechos sólidos generados.



Palabras clave:

Aguas servidas, contaminación del suelo, agua, aire, desechos solidos, Parque Nacional Cotopaxi.

## ABSTRACT

Tourism in Ecuador has increased significantly in the last few years, and the Cotopaxi National Park has been a prime example of problems that can arise with this influx of tourists. Within this protected area, the most visited place is the José Francisco Rivas Refuge and although it is located at 4800 meters above the sea level, it has been exposed to the negative impacts associated with excessive tourism activity.

An adequate management plan for the environment dealing with negative impacts generated by tourism in the Refuge is presented in this assessment. The topics covered in the study include the pollution of soil, water, and air along with the problems involved with solid waste. In order to mitigate these negative impacts, a waste water treatment plant has been designed, a solar energy supply system has been calculated, and solid waste management plan has been projected.



Key words:

Cotopaxi National Park,, waste water, solid waste, pollution of soil, water, air.

## CONTENIDO


**1. INTRODUCCIÓN ..... 13**

1.1. Reseña histórica ..... 14

1.2. Antecedentes (descripción del problema) ..... 16

1.2.1. Aguas Residuales ..... 16

1.2.2. Residuos sólidos ..... 18

1.2.3. Energía ..... 21

1.3 Justificación ..... 23

1.4. Objetivos ..... 25

1.4.1. Objetivos específicos ..... 25

**2. MARCO TEÓRICO ..... 26**

2.4. Marco legal ..... 26

2.5. Contaminación del agua ..... 27

2.5.1. Características de las Aguas Residuales ..... 28

2.5.2. Aguas Negras ..... 30

2.5.3. Aspecto de las aguas negras ..... 31

2.5.4. Composición de las aguas negras ..... 31

2.5.5. Clasificación según su composición ..... 31

2.5.6. Gases disueltos ..... 32

2.5.7. Composición biológica de las aguas negras ..... 33

2.5.8. Estado de las Aguas Negras ..... 35

2.5.9. Disposición de las aguas negras ..... 35

2.5.10. Métodos de tratamiento de aguas negras ..... 36

2.3. Tratamiento preliminar ..... 39

2.4. Tratamiento primario ..... 40

2.4.1. Tanques Sépticos ..... 41

2.4.2. Tanque de doble acción ..... 42

2.3 Energía Solar ..... 45

2.4 Radiación solar ..... 46

2.4.1. Aprovechamiento de la energía solar ..... 47

2.4.2. Energías fósiles y renovables ..... 47

2.4.3. El cambio climático ..... 47
2.5 Energía solar fotovoltaica ..... 49
2.5.1. El efecto fotoeléctrico ..... 49
2.5.2. Aplicaciones del efecto fotoeléctrico ..... 49
2.5.3. Componentes de un sistema fotovoltaico ..... 49
2.6 Residuos Urbanos ..... 52
2.6.1 Transformación de los residuos urbanos ..... 53
**3. METODOLOGÍA ..... 56**
3.1 Área de estudio ..... 56
3.2 Descripción de el Refugio. ..... 59
3.3 Trabajo de campo ..... 61
3.3.1 Agua ..... 62
3.3.2. Diseño del Tanque Imhoff ..... 70
3.3.3. Agua de consumo ..... 75
3.3.4. Muestreo de suelos ..... 76
3.3.5. Residuos sólidos ..... 76
3.3.6. Energía ..... 79
**4. RESULTADOS Y DISCUSIONES ..... 83**
4.1 Agua ..... 83
4.1.1. Número de usuarios de los servicios higiénicos por hora. ..... 83
4.1.2. Número de personas que duermen en el Refugio al año. ..... 85
4.1.3. Diseño de la planta de tratamiento de agua ..... 86
4.1.4. Resultados de análisis de agua de consumo. ..... 94
4.1.5. Muestreo de suelo ..... 96
4.2 Residuos sólidos ..... 99
4.2.1. Número de sacos de residuos sólidos generados al año. ..... 99
4.2.2. Separación de residuos sólidos ..... 101
4.2.3. Caracterización de la los desechos. ..... 102
4.2.4. Gestión de residuos sólidos ..... 105
4.3 Energía ..... 106
4.3.1. Determinación del número de paneles solares requeridos ..... 106
4.3.3. Contaminación por las fuentes de combustión. ..... 112

**5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 113**
5.1 Conclusiones ..... 113
5.2 Recomendaciones ..... 114
**6. BIBLIOGRAFÍA ..... 116**
**7. ANEXOS ..... 119**
ANEXO 1. ESPECIFICACIONES DE LOS PANELES SOLARES ..... 119
ANEXO 2. ESPECIFICACIONES DE LA BATERÍA. ..... 121
ANEXO 3. PROFORMA DE LOS EQUIPOS ..... 121
ANEXO 4. DATOS DE HELIOFANÍA EFECTIVA MENSUAL ..... 123
ANEXO 5. HELIOFANÍA DIARIA ..... 124
ANEXO 6. UBICACIÓN DE TUBERÍA DE AGUAS RESIDUALES DEL REFUGIO JOSÉ FRANCISCO RIBAS ..... 127

# INDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Composición de excrementos y orina humanos. ..... 28
**Tabla 2.** Composición de excrementos y orina humanos. ..... 29
**Tabla 3.** Concentración de los componentes de las aguas residuales por persona. ..... 29
**Tabla 4**. Composición de la orina. ..... 30
**Tabla 5.** Composición de las Excretas humanas. ..... 31
**Tabla 6**. Rangos de Temperatura (ºC) para el Crecimiento de los Microorganismos ..... 34
**Tabla 7.** Características de rejillas de barra. ..... 40
**Tabla** 10. Coordenadas de el refugio. ..... 59
**Tabla 11.** Coordenadas UTM. ..... 62
**Tabla 12**. Fechas de las Salidas de campo. ..... 70
**Tabla 8.**Factor de capacidad relativa a determinada temperatura. ..... 73
**Tabla 9.** Tiempo requerido para la digestión de lodos. ..... 74
**Tabla 13.** Consumo Energético diario. ..... 80
**Tabla 14**. Número de usuarios de las baterías sanitarias. ..... 83
**Tabla 15.** Número de usuarios ordenado en forma ascendente del número de horas medidas. ..... 83
**Tabla 16.** Número de personas que duermen en el Refugio ..... 85
**Tabla 17.** Datos del sedimentador. ..... 91
**Tabla 18.** Factor de capacidad relativa. ..... 91
**Tabla** 19. Datos de digestor. ..... 93
**Tabla 20.** Generación de sacos de residuos sólidos generados al año. ..... 99
**Tabla 21**. Separación de residuos sólidos. ..... 101
**Tabla 22.** Caracterización de residuos. ..... 102
**Tabla 23.** Consumo Energético diario. ..... 106
**Tabla 24.** Consumo energético considerando calefactores y cocinas eléctricas. ..... 107
**Tabla 25.** Coordenadas de La estación Cotopaxi Clirsen. ..... 108
**Tabla 26.** Emisiones generadas por GLP. ..... 112
**Tabla 27.** Emisiones generadas por Diesel. ..... 112

## INDICE DE IMÁGENES

**Imagen1**. Construcción del Refugio José F. Ribas ..... 16
**Imagen 2.** Baños del Refugio ..... 17
**Imagen 3.** Lugar de riego de las aguas negras. ..... 17
**Imagen 4.** Sitio de riego de las aguas negras en días nevados. ..... 18
**Imagen 5**. Desechos en el Refugio. ..... 19
**Imagen 6.** Restos de comida regados detrás de las rocas. ..... 20
**Imagen 7**. Botellas dejadas en las literas del Refugio. ..... 20
**Imagen 8**. Planta de energía. ..... 21
**Imagen 9.** Ventanales en el Refugio. ..... 22
**Imagen 10**. Cilindros de gas en el Refugio. ..... 22
**Imagen 11.** Personal del Refugio Subiendo Cilindro de gas. ..... 23
**Imagen 12**. Volcán Cotopaxi. ..... 58
I**magen 13**. Vista del Refugio de el Cotopaxi. ..... 59
**Imagen 14**. Refugio José F. Ribas. ..... 60
**Imagen 15**. Instalaciones del Refugio José F. Ribas. ..... 61
**Imagen 16.** Refugio del Cotopaxi, cara oeste. ..... 63
**Imagen 17.** Vista por afuera de los Baños. ..... 63
**Imagen 18**. Tubería en el glaciar. ..... 64
**Imagen 19**. Deshielo de glaciar. ..... 64
**Imagen 20.** Parte interior de los baños. ..... 65
**Imagen 21.** Vista interior de los baños. ..... 65
**Imagen 22**. Baldes que almacenan agua del baño. ..... 66
**Imagen 23.** Baldes que almacenan agua del baño. ..... 66
**Imagen 24**. Batería Sanitaria. ..... 67
**Imagen 25**. Letreros colocados en los baños ..... 68
**Imagen 26**. Turistas afuera del Refugio del Cotopaxi. ..... 69
**Imagen 27**. Tabla de pesaje de desechos. ..... 77
**Imagen 28.** Bodega de almacenamiento de desechos a la izquierda. Funda de pesaje a la derecha. ..... 77
**Imagen 29.** Residuos sólidos generados en el Refugio. ..... 78
**Imagen 30**. Sol pega directamente en el techo. ..... 79
**Imagen 31**. Tubos de ensayo de las cisternas de agua ..... 95

**Imagen 32.** Resultado muestras de agua. 95
**Imagen 33**. Resultados Caldo Endo. 95
**Imagen 34.** Crecimiento de bacterias en Agar Nutritivo en la refrigeradora. 96
**Imagen 35.** Crecimiento de bacterias en Agar Nutritivo a baja temperatura. 97
**Imagen 36**. Crecimiento de hongos a baja temperatura. 97
**Imagen 37.** Crecimiento de bacterias en tubo de ensayo inclinado. 97
**Imagen 38**. Crecimiento de hongos y bacterias. 98
**Imagen 39**. Botella de plásticos. 103
**Imagen 40**. Fundas plásticas. 103
**Imagen 41**. Cartón generado en el Refugio. 104
**Imagen 42**. Enlatados. 104
**Imagen 43**. Otros residuos. 105
**Imagen 44.** Vista Oeste del Refugio del Cotopaxi. 111
**Imagen 45.** Factores de conversión para unidades energéticas comunes de OLADE. 112

## INDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Composición de Aguas Residuales Domésticas ..... 32
**Figura 2.** Fosa séptica..... 41
**Figura 3.** Tanque séptico Imhoff. ..... 42
**Figura 4.** Instalación fotovoltáica autónoma. ..... 50
**Figura 5.** Esquema básico instalación fotovoltaica autónoma..... 50
**Figura 6.** Conexiones del regulador en una instalación fotovcoltaica. ..... 51
**Figura 7.** Esquema general de una instalación autónoma con inversor. ..... 52
**Figura 8.** Parque Nacional Cotopaxi y área de estudio. ..... 56
**Figura 9.** Zonas de vida en el PNC..... 57
**Figura 10.** Detalle de cámara de sedimentación. ..... 72
**Figura 11.**Detalle de tolva de lodos..... 73
**Figura 12.** Área de ventilación y cámara de natas..... 75
**Figura 13.** Panel Solar TYN 135P6..... 80
**Figura 14.** Número de personas que duermen al año. ..... 85
**Figura 15.** Diseño del sedimentador..... 88
**Figura 16.** Dimensionamiento del sedimentador. ..... 89
**Figura 17.** Arista central del sedimentador. ..... 90
**Figura 18.** Cálculo de las alturas de la cámara de sedimentación ..... 90
**Figura 19.** Dimensionamiento del tanque..... 92
**Figura 20.** Cálculo de las alturas del digestor. ..... 93
**Figura 21 .** Generación de residuos al año. ..... 100
**Figura 22.** Separación de residuos sólidos. ..... 101
**Figura 23.** Caracterización de los desechos en porcentaje. ..... 102

# CAPITULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El turismo en el Ecuador se encuentra en pleno desarrollo y cuenta con muchos atractivos que hacen que el país sea visitado cada año por un gran número de personas (Jácome, 2009). Como toda actividad antropogénica, el turismo genera impactos ambientales en muchas áreas de nuestro planeta. Tanto la implantación de la infraestructura, como la masiva afluencia de visitantes al lugar alteran el funcionamiento normal de un ecosistema, sobrepasando muchas veces su capacidad de carga.

Pérez (2004), plantea como inconcebible la idea de que se practique un turismo que cause profundas transformaciones no sólo en el patrimonio natural y cultural, sino también en los hábitos autóctonos del lugar. Un turismo mal manejado puede llegar a tener consecuencias autodestructivas.

Una realidad a la cual contribuye el actual modelo masificado y degradador del turismo convencional es la pérdida de biodiversidad, el cambio climático, el debilitamiento de la capa de ozono, la desertificación, la destrucción de ecosistemas y la extinción de plantas y animales (Pérez, 2004).Algunos de estos impactos se evidencian en el Parque Nacional Cotopaxi, parte del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado, que ocupa el primer lugar en volumen de visitantes extranjeros y el segundo en visitación total (extranjero y nacional), siendo primera la Reserva Cotacahi Chayapas (Fundación Páramo, 2007).

Sin duda, el principal servicio dentro del Parque lo brinda el Refugio José Francisco Ribas ubicado en la vertiente norte del volcán a 4800 metros de altura. (Landazuri, 1994). Es una infraestructura que atrae a muchos visitantes, ya sea por la ayuda que brinda a los montañistas que van a la cumbre, como por el reto que implica llegar al lugar por la altitud considerable a la que se encuentra para quienes no están aclimatados y no tienen planeado ningún ascenso a la montaña. Según la actual administración del Refugio, de Marzo a Diciembre del 2011, han pernoctado 4721 personas cuyo objetivo es llegar a cima. Esto representa el 42% del total de visitantes, estimando para este período de tiempo un total de 11241 turistas en el Refugio (Jácome, 2008).

La actual demanda turística requiere de un manejo integral que vaya desde una mejora en la calidad de atención a los visitantes, como del adecuado manejo de los impactos que estos generen. Dentro de los impactos por las actividades antropogénicas en el lugar se encuentra la contaminación de suelo por el vertido de aguas negras y grises, emisión de gases de efecto invernadero debido a la quema de combustibles fósiles y una generación de residuos sólidos que carece de control.

El problema se percibe conforme se empieza a subir desde el parqueadero hasta el Refugio. Pocos metros antes de llegar al lugar, al lado derecho del camino, se puede observar el vertido de las aguas negras infiltrándose los líquidos y acumulándose los sólidos a la intemperie. Una vez en el lugar, lo primero que llama la atención es la gran cantidad de bombonas de gas ubicadas en la parte frontal de la construcción. Al entrar, aparentemente se les da un manejo a los residuos ya que no se observan desechos en el área, sin embargo todos se acumulan en un gran basurero en la cocina.

El presente estudio tiene como objetivo proponer el manejo sustentable del Refugio José Francisco Ribas, que incluya un adecuado manejo de las aguas negras y grises, adecuada gestión de los residuos sólidos generados y proponer el remplazo del uso de combustibles fósiles como fuente de energía, por paneles solares.

### 1.1. Reseña histórica

La idea de construir un refugio de alta montaña en el Cotopaxi nació luego de la Primera Expedición Ecuatoriana a los Alpes que realizaron el Padre Ribas y algunos jóvenes montañistas del Grupo Ascensionismo del Colegio San Gabriel (GACSG) en 1969. Sorprendidos gratamente por las comodidades y el servicio que brindaban los refugios alpinos, el grupo volvió al país con la idea firme de construir una obra similar en el Cotopaxi, que aloje a los montañistas que se aventuran a la cima del volcán y que invite a los turistas nacionales y extranjeros a conocer uno de los lugares más sorprendentes del Ecuador (Landazuri, 1994).

El primer paso fue abrir un concurso de diseño del refugio entre los estudiantes de arquitectura de la Universidad Central. El concurso tuvo acogida y participaron 60 proyectos de distinta índole, unos más fanáticos que otros, algunos muy innovadores y otros demasiado simples. De entre

todos se escogió el del joven Marco Vargas el cual cumplía con las exigencias de la obra y sobretodo, era factible realizar (Revista Montaña, 2009).

Una vez escogido el diseño y con la aprobación de los planos por parte del Ing. Carlos Lopez, montañero del GACSG, se prosiguió a determinar un sitio apropiado para la construcción. Se consideró que el refugio debía estar en la vía normal de ascenso a la cumbre, es decir, en el flanco norte, y lo suficientemente arriba para que cumpla cabalmente su función de refugio de alta montaña, por tanto, cerca del filo del glaciar. Además, se pensó en un lugar asequible pues se tenía que transportar al hombro gran cantidad de cemento y hierro desde 300 metros más abajo, donde se quedaban los vehículos. Afortunadamente, para cumplir esta fatigosa tarea y, en general, toda la obra se contó con un fuerte grupo de trabajadores, al mando del señor Rafael Changoluisa, un indígena de Chilcabamba (Revista Montaña, 2009).

Finalmente, llegó el "Día D", que en este caso fue el 24 de julio de 1970. Montados en unos camiones del ejército, se atravesó el Limpiopungo y se subió por el páramo y el arenal para dejar el material que transportaba en un chozón que se construyó para tal propósito, y que además se utilizaría como guardia de los trabajadores durante la ejecución de la obra (Revista Montaña, 2009).

Los diez meses siguientes fueron de trabajo permanente, entre subir y bajar material, poner los cimientos, levantar las paredes, en fin, avanzar la construcción del refugio de montaña, situado a 4800 m, en un frío inclemente y bajo condiciones climáticas normalmente adversas (Revista Montaña, 2009).

La construcción terminó en abril del año siguiente, y el 1 de mayo, ante la expectación de 300 personas que habían acudido al lugar y otras tantas que seguían los avances a través de los medio de comunicación, se inauguró el refugio José F. Ribas y se lo ofreció al servicio del montañismo y turismo ecuatoriano (Revista Montaña, 2009).

La demanda del refugio fue tan grande que pocos años después, en 1976, se amplió por el costado oriental. En los años 80 José Francisco Ribas estuvo a cargo de su administración, pero sus obligaciones sacerdotales y su labor en el Colegio San Gabriel le impidieron darle la atención que éste demandaba. Hoy en día está siendo manejado por el Grupo de Ascencionismo del Colegio San Gabriel.

El refugio cuenta con sala, comedor, 2 cocinas equipadas, cafetería, baterías sanitarias y habitaciones con literas suficientes para los que vayan a la cumbre. Su capacidad aproximada es para 70 personas.

**Imagen1**. Construcción del Refugio José F. Ribas
**Foto**: Club de Asencionismo del Colegio San Gabriel, 1971

## 1.2. Antecedentes (descripción del problema)

A partir de la inauguración del refugio, andinistas que anhelaban llegar a la cumbre empezaron a llegar al lugar con el fin de pernoctar ahí para salir a la cumbre a media noche. Para esto, debían llevar alimento suficiente para el tiempo que permanecerían, necesitarían iluminación pues sus actividades empezaban en la noche y un baño donde realizar sus necesidades biológicas.

### 1.2.1. Aguas Residuales

Se construyó un baño en las afueras de la construcción con tres inodoros y un urinario para los hombres. No se separó por géneros, sino que todos utilizan el mismo sitio. Sin embargo, a pesar

de que se cumplió con suplir la necesidad de los andinistas, no se diseñó un lugar para la disposición de las aguas negras, se colocó una tubería que deposita el vertido 35 metros abajo de los baños.

**Imagen 2.** Baños del Refugio
**Foto:** Derecha, Alexandra Garcés. Izquierda, Roberto Madera 2012

A partir de la fecha, las aguas negras provenientes de los baños se vierten, dando lugar a una fuerte contaminación del suelo, pudiendo llegar incluso a contaminar niveles freáticos de agua.

Con el aumento de turistas en el lugar, el uso de los baños se ha intensificado y el manejo del efluente sigue siendo el mismo. Además, se logra divisar un cambio paisajístico en la montaña debido a la contaminación del suelo en la zona y el aumento de malos olores provenientes del sitio.

**Imagen 3.** Lugar de riego de las aguas negras.
**Foto:** Alexandra Garcés 2012

Como se puede observar en la Imagen 3, es evidente la contaminación del suelo. Existen dos escenarios que se pueden presentar, en la fotografía de la derecha vemos el sitio cuando está nevado, y en la izquierda cuando no. En el primer caso, la nieve tapa los restos de heces, disimulando el problema. Además, debido a la temperatura no se evaporan los olores de las orinas, haciendo menos perceptible al problema en estos casos. Por el contrario, en días secos, donde no hay nieve en el lugar, el problema se puede divisar a simple vista y los olores llegan con mayor rapidez al refugio, siendo percibidos más fácilmente por la gente que se encuentra en el lugar.

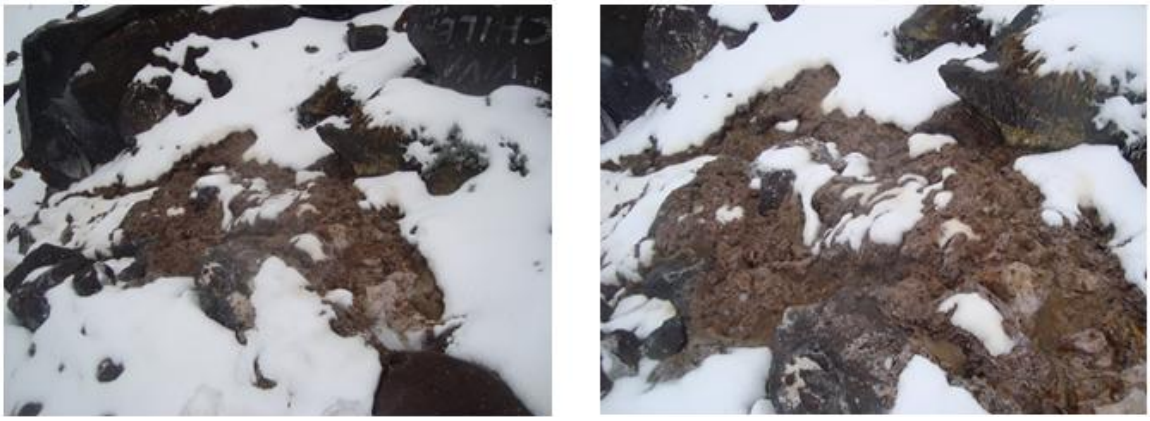


**Imagen 4.** Sitio de riego de las aguas negras en días nevados.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

Actualmente, personal del refugio coloca cal en los residuos que quedan en el suelo, sumado a esto las condiciones del lugar, temperatura y altitud, por lo cual la degradación de la materia orgánica es muy baja por no decir nula.

### 1.2.2. Residuos sólidos

A partir de la llegada de personas al refugio, empezaron a generarse desechos en el lugar, sin ningún control y manejo. En la actualidad, se ofrece un servicio de restaurante donde se genera la mayor cantidad de residuos. El problema nace a partir de la movilización de los insumos, ya que es un sitio de difícil acceso, y las cosas existentes en él se las debe llevar cargando, tanto de subida como de bajada.

El parqueadero, lugar último al que llegan los víveres en carro, se encuentra ubicado a 4 500 metros de altura y el Refugio José F. Ribas se ubica 300 metros más arriba, a 4 810 m.s.n.m. La única forma de llegar al Refugio es caminando, por lo que subir cualquier tipo de carga es un gran reto. Por lo mismo, bajar grandes cantidades de desechos es también considerado una gran dificultad, sin mencionar lo que provocaría dejarlas en el lugar. En años anteriores, existieron basureros en el camino de acceso al Refugio (el arenal), sin embargo se tomó la decisión de retirarlos pues incrementó su cantidad.

**Imagen 5**. Desechos en el Refugio.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

Actualmente se realiza la clasificación de residuos enorgánicos e inorgánicos. Los primeros son colocados en una caneca, mientras que los demás se mezclan en una misma funda y se los almacena en una bodega al lado de los baños. Este sistema de clasificación no funciona adecuadamente, ya que se pueden encontrar restos de desechos orgánicos en las fundas de basura común. Además, se han constatado ocasiones en las que, una vez llena la caneca de materia orgánica, se riegan los residuos atrás de las rocas, en las afueras de la edificación.

Semanalmentese llevan los costales con desechos y las canecas de materia orgánica hacia una pequeña construcción (el chozón) metros abajo del parqueadero. La recolección se realiza, de igual manera, una vez por semana. Una camioneta contratada por las hosterías dentro del Parque Nacional Cotopaxilleva los costales al botadero de Machachi. Las canecas con los residuos orgánicos sirven como comida para cerdos en la hacienda del señor Rafael Changoluisa, personal del refugio, ubicada en las afueras del Parque.

**Imagen 6.** Restos de comida regados detrás de las rocas.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

Como se puede apreciar en la Imagen 6, ésta práctica ha cambiado el comportamiento de los lobos de páramo pues se han domesticado acostumbrándose a recibir alimento y no cazarlo. Se debe cuestionar el efecto de los residuos de comida en su dieta.

**Imagen 7**. Botellas dejadas en las literasdel Refugio.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

Otro de los mayores problemas, con el manejo de los residuos, está directamente relacionado con los andinistas que se quedan la noche en el lugar para intentar llegar a la cumbre de la montaña. Existe muy poca cultura y conciencia del problema por parte de ellos pues dejan todos sus desechos en el lugar. Se pueden observar gran cantidad de botellas plásticas, fundas de comida, entre otros, lo que aumenta el número de costales a cargar por los señores del Refugio.

### 1.2.3. Energía

Por último, otro aspecto ambiental que no se ha considerado y al cual se le quiere dar una solución más amigable con el ambiente es la energía. En los primero años del Refugio, la única opción con la cual se podía alumbrar el lugar era mediante velas, sin embargo con el avance de la tecnología se consiguieron mejores métodos. Se instaló una planta de generación eléctrica la cual funciona mediante diesel. Actualmente se consumen 2 galones diarios para obtener una iluminación de 2 horas y media de las instalaciones del Refugio.A pesar de ser una buena solución inmediata, no se consideró el impacto ambiental generado por la producción de gases de efecto invernadero.

**Imagen 8**. Planta de energía.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012

Tanto la planta, como la utilización del luz en el Refugio es de pocas horas pues empieza a oscurecer a las 6 de la tarde, y las personas van a dormir máximo a las 8 de la noche ya que se levantan horas después, las 11 pm, para intentar llegar a la cumbre.

Es importante mencionar que la mayor parte del día, por no decir casi en su totalidad, la iluminación es natural, aprovechando los ventanales con los que cuenta. Los días en los que el clima no es muy agradable y permanece nublado la mayor parte del tiempo, se presenta un ambiente oscuro y apagado dentro de las instalaciones.

Como se mencionó, la iluminación en el Refugio es escasa por lo que se quiere colocar paneles solares que remplacen la planta de energía, una forma de energía alternativa amigable con el ambiente y que no genera impactos ambientales. Además, se quiere mejorar la calidad de la

atención al público, colocando calefactores eléctricos o tener la posibilidad de ocupar una computadora en el lugar.

**Imagen 9.** Ventanales en el Refugio.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

Por otro lado, las cocinas son otra fuente de contaminación ya que funcionan a gas. Actualmente, se consume 1 tanque de gas diario de 15 kg pues las cocinas permanecen prendidas para no perder su eficiencia. Se puede observar fuera de la cocina gran cantidad de cilindros de gas vacíos.

**Imagen 10**. Cilindros de gas en el Refugio.
**Foto:** Alexandra Garcés

Como se mencionó anteriormente, todo lo que se lleve al refugio debe ser cargado, por lo que el gas que se utiliza en la cocina se lo hacen de la misma manera.

**Imagen 11.** Personal del Refugio Subiendo Cilindro de gas.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

Se quiere solucionar este problema colocando cocinas eléctricas, eliminando así la utilización de gas licuado de petróleo y todos los impactos ambientales que este implica, desde su extracción hasta su consumo.

### 1.3 Justificación

*"El Cotopaxi es la montaña más admirada de todas las que se levantan sobre los esbeltos lomos de la cordillera andina que, de norte a sur, atraviesa el territorio ecuatoriano"*(Revista Montaña, 2009).

El Parque Nacional Cotopaxi es el área del Sistema Nacional de Áreas Protegidas continentales con el volumen más alto de visitantes extranjeros, mientras que ocupa el segundo puesto en visitación total (extranjero y nacional), siendo primera la Reserva Cotacachi Cayapas (Fundación Páramo, 2007). El Refugio José Francisco Ribas, principal atractivo dentro del parque debe cumplir con la legislación ambiental al estar en área protegida

El turismo es una fuente de riqueza para un gran número de lugares geográficos, sin embargo esta masiva afluencia de visitantes supone también de efectos perjudiciales sobre el entorno, afectando a los aspectos económicos, sociales, culturales y medioambientales ( López y López,

2008). El turismo sostenible se refiere al desarrollo sin degradación ni agotamiento de los recursos, por lo que se basa en la conservación de los recursos para que tanto la generación presente, como las futuras, puedan disfrutar de ellos (López y López, 2008).

La Organización Mundial de Turismo define al *"turismo sostenible como aquel que satisface las necesidades de los turistas actuales y de las regiones de destino, al mismo tiempo que protege y garantiza la actividad de cara al futuro, concibiéndose como una forma de gestión de los recursos de manera que las necesidades económicas, sociales y estéticas puedan satisfacer a la vez que se conservan la integridad, los procesos ecológicos esenciales, la diversidad biológica y los sistemas que soportan la vida*." (López y López, 2008).

Por otro lado, el consumo masivo de hidrocarburos está produciendo alteraciones de la atmósfera a nivel mundial. Los niveles de bióxido de carbono que se detectan actualmente son significativamente mayores que los que existían en 1950. Esto produce el conocido efecto invernadero, que está produciendo ya un incremento en las temperaturas promedio anuales.Tanto por razones económicas (próxima escasez de hidrocarburos) como ecológicas (alteración de la atmósfera y el suelo), es imperativo el desarrollo de nuevas alternativas energéticas, que sean menos agresivas contra el medio ambiente (Hermosillo, 1995).

Implementar estrategias energéticas sostenibles es uno de los procesos más importantes que la humanidad tiene para crear un mundo duradero (Energy after Rio, 1997). Las tendencias energéticas actuales crean serios impedimentos a las metas del desarrollo sostenible (Energy after Rio, 1997).

Según el Informe de Evaluación Científica de 1995 del Grupo Intergubernamental de expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC), "la mayor parte de la evidencia científica señala una influencia humana en el clima mundial". Esta influencia se debe a la creciente concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero y el efecto de este aumento en el equilibrio energético de la Tierra (Energy after Rio, 1997).

## 1.4.Objetivos

El objetivo general de este proyecto de fin de carrera es proponer el manejo sustentable del refugio José F. Ribas.

### 1.4.1. Objetivos específicos

- Proponer un adecuado manejo a las aguas negras de el Refugio.
- Proponer una adecuada gestión de los residuos solidos generados en el refugio.
- Determinar el número de paneles solares que el refugio necesita para abastecer la demanda energética del lugar.

# CAPITULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.4.Marco legal

La constitución de la República del Ecuador declara, en el Art. 14, como interés público la preservación del medio ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios degradados. El Art 15 refleja el apoyo de El Estado promoviendo, tanto en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. (Constitución del Ecuador, 2008).

Así mismo, el capítulo séptimo de la Constitución, habla a cerca de los derechos de la naturaleza. *"La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a que se respete íntegramente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos*", Art 71 (Constitución del Ecuador, 2008). Además, el Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la destrucción de ecosistemas, Art 73 (Constitución del Ecuador, 2008).

La Constitución reconoce principios ambientales en el capítulo segundo, sección primera, en su Art. 395 garantizando un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras (Constitución del Ecuador, 2008).

En el Art. 396 nos habla de aplicación de políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos por parte de El Estado. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas (Constitución del Ecuador, 2008).

En caso de daños ambientales, el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas, el Art 397 habla específicamente de áreas protegidas en su numeral 4: Asegurar la intangibilidad de las áreas naturales protegidas, de tal

forma que se garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas. El manejo y administración de las áreas naturales protegidas estará a cargo del Estado (Constitución del Ecuador, 2008).También, en el Art. 405 dice: El sistema nacional de áreas protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas.

En el Art. 413, El Estado se compromete a promover la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas tecnológicas ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de ecosistemas ni el derecho al agua.

Adicionalmente, el Plan Nacional del Buen Vivir tiene como estrategia orientar radicalmente la producción, la transferencia y consumo de energía a ser ambientalmente sostenibles a través de energías renovables y eficiencia energética.Una de las políticas de Energía Renovable del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable es diseñar planes, programas o proyectos que se relacionen con el desarrollo de las ER y la reducción de Gases de Efecto Invernadero.

El anexo II del Texto Unificado de Legislación Secundaria, libro VI del TULAS, tiene como objetivo la prevención y Control de la Contaminación Ambiental en lo relativo al recurso suelo. El objetivo principal de la norma es preservar o conservar la calidad del recurso suelo para salvaguardar y reservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. En su Numeral 4.1.1.1,*"Sobre las actividades generadoras de desechos sólidos no peligrosos"*, obliga a toda actividad productiva que genere desechos, a implementar una política de reciclaje o reuso de los mismos. Si el reciclaje o reuso no es viable, los desechos deberán ser dispuestos de manera ambientalmente aceptable (TULAS, 2008).

En el Numeral 4.1.1.6, de la prohibición de descargas, infiltraciones o inyecciones de efluentes en el suelo y subsuelo, prohíbe la descarga, infiltración o inyección en el suelo o en el subsuelo de efluentes tratados o no, que alteren la calidad del recurso (TULAS, 2008).

## 2.5.Contaminación del agua

La contaminación consiste en una modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, alterando su composición o estado, haciéndola impropia o peligrosa para el

consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural (Orozco et al, 2004).

Según Romero (1999), un producto inevitable de la actividad humana es la generación de aguas residuales y su adecuado tratamiento y disposición, dependerán de sus características físicas, químicas y biológicas, así como de la interpretación de sus efectos sobre la fuente receptora.

Se denominan aguas residuales domésticas (ARD) a los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. También, se acostumbra denominar aguas negras, a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. Y aguas grises a las aguas residuales provenientes de tinas, duchas, lavamanos y lavadoras, aportantes de DBO, sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros (Romero, 1999).

### 2.5.1. Características de las Aguas Residuales

| **Composición de excrementos y orina humanos** | | |
|---|---|---|
| **Característica** | **Material fecal** | **Orina** |
| Cantidad (humedad) por persona por día | 135 - 270 g | 1 - 1,3 kg |
| Cantidad (seca) por persona por día | 35 - 70 g | 50 - 70 g |
| Humedad, % | 66 – 80 | 93 – 96 |
| Materia orgánica, % | 88 -97 | 65 – 85 |
| Nitrógeno, % | 5,0 - 7,0 | 15 – 19 |
| Fósforo (como P2O3), % | 3,0 - 5,4 | 2,5 - 5,0 |
| Potasio (como K2O), % | 1,0 - 2,5 | 3,0 - 4,5 |
| Carbón, % | 44 – 55 | 11,0 - 17,0 |
| Calcio (como CaO), % | 4,5 | 4,5 - 6,0 |

**Tabla 1.** Composición de excrementos y orina humanos.
**Fuente:** Romero, 1999.

| Composición de excrementos y orina humanos | | |
|---|---|---|
| **Característica** | **Promedio** | **Intervalo** |
| Volumen, L/cd | 1,57 | 0,69 - 2,5 |
| pH | 6,1 | 5,6 - 6,8 |
| Conductividad, mS/cm | 17,49 | 8,72 - 26,8 |
| NH4 - N, mg/cd | 571 | 318 - 883 |
| Urea, g/cd | 16,8 | 11,8 - 23,8 |
| Nitrógeno total, g/cd | 10,8 | 7,7 - 15 |
| Fósforo, g/cd | 0,93 | 0,6 - 1,48 |
| Potasio, g/cd | 2,6 | 1,38 - 3,52 |
| DQO, g/cd | 12,97 | 5,37 - 24,02 |
| DBO, g/cd | 6,06 | 1,76 - 9,79 |

**Tabla 2.** Composición de excrementos y orina humanos.
**Fuente:** Romero 1999.

La concentración de las aguas residuales está en función de su origen y sus componentes. Para comunidades pequeñas o áreas rurales, las aguas residuales son predominantemente domésticas y las cargas por persona equivalente pueden ser como la tabla 3.

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Caudal | 150 L/c.d |
| DQO | 75 - 80 g/c.d |
| DBO | 30 - 35 g/c.d |
| Sólidos Suspendidos | 25 - 30 g/c.d |
| Nitrógeno | 8 - 9 g/c.d |
| Fósforo | 3,5 - 4 g/c.d |
| Coliformes totales | 108 NMP/100mL |

**Tabla 3.** Concentración de los componentes de las aguas residuales por persona.
**Fuente**: Romero, 1999.

### 2.5.2. Aguas Negras

Falcón (1990) define a las aguas negras como la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de casas, edificios comerciales, instituciones, establecimientos industriales, aguas subterráneas, aguas superficiales o aguas de precipitación.

El origen de las aguas negras y de los desechos pueden ser originados por:

a. **Desechos Humanos:** Contienen los residuos sólidos y líquidos que constituyen las heces humanas fundamentalmente y tienen la siguiente composición (Seoanez, 1995):

*Deyecciones sólidas*: compuestas de aguas, celulosa, lípidos, prótidos y materia orgánica en general. Al ser expulsadas las heces empieza a actuar el principio de putrefacción sobre las proteínas, tanto alimenticia como las provenientes de los restos de la mucosa intestinal.

*Vertidos líquidos*: La composición media de la orina está indicada en la Tabla 4 en g/L

| **Cationes** | | **Aniones** | | **Compuestos orgánicos** | |
|---|---|---|---|---|---|
| Na | 6 | Cl | 8,6 | Urea CO(NH2)2 | 30 |
| K | 2,7 | $SO_4$ | 2,2 | Acido hipúrico | 1,3 |
| $NH_4$ | 0,8 | $PO_4$ | 3,8 | Creatinina | 1,8 |
| Ca | 5,3 | | | Ácido úrico | 0,7 |
| Mg | 0,15 | | | Bases púricas | 0,3 |
| | | | | Aminoácidos | 0,5 |
| | | | | Alcoholes | 0,5 |
| | | | | Glúcidos | 0,5 |
| | | | | Ácidos grasos | 0,5 |

**Tabla 4**. Composición de la orina.
**Fuente**: Seoanez, 1995.

Diariamente (24 horas), un hombre elimina 1,3 litros de orina. Anualmente, cada individuo produce unos 28 kg de materia orgánica, que en forma de elementos y compuestos de interés agrario corresponden en (kg/año) a la tabla 5 en Kg/año.

| Composición / Excreta | $P_2O_2$ | $K_2O$ | N |
|---|---|---|---|
| Vertidos líquidos (Orina) | 0,7 | 0,7 | 4,7 |
| Deyecciones sólidas | 0,2 | 0,1 | 0,4 |

**Tabla 5.** Composición de las Excretas humanas.
**Fuente:** Seoanez, 1995

Debido a la importancia de este vertido, sus características de concentración y composición son puntos principales a la hora de diseñar y construir sistemas de depuración (Seoanez, 1995).

**b. Desperdicios caseros:** Proceden de actividades domésticas como el lavado de ropa, baño, limpieza y preparación de alimentos que contienen jabones y detergentes sintéticos. También se incluyen desperdicios de cocina que tienen partículas de alimentos y grasas (Falcón, 1990).

### 2.5.3. Aspecto de las aguas negras

Según Falcón (1990), las aguas negras son líquidos turbios que contienen material sólido en suspensión. Cuando son frescas su color es gris, les caracteriza un olor a moho no desagradable y cantidades variables de materia flotan en ellas. Con el transcurso del tiempo, el color cambia gradualmente a gris negro, presentan olores ofensivos y desagradables y aparecen sólidos negros flotando en toda la superficie del líquido. En este estado se denominan aguas negras sépticas.

### 2.5.4. Composición de las aguas negras

El agua provee solamente el volumen y es el vehículo para el transporte de los sólidos que pueden estar disueltos, suspendidos o flotando (Falcón, 1990).

### 2.5.5. Clasificación según su composición

### 2.5.5.1.Sólidos orgánicos:

Son de origen animal o vegetal. Incluyen sus productos de desecho, la materia animal muerta, organismos o tejidos vegetales y compuestos orgánicos sintéticos. Son sustancias que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, pudiendo estar combinadas algunas con nitrógeno, azufre o fósforo. Los grupos principales son las proteínas, los hidratos de carbono y las grasas, junto con sus productos de descomposición. Están sujetos a degradación o descomposición por la actividad de las bacterias y otros organismos vivos (Falcón, 1990).

### 2.5.5.2.Sólidos inorgánicos:

Son sustancias inertes que no están sujetas a la degradación, exceptuando ciertos compuestos minerales como los sulfatos, los cuales bajo ciertas condiciones se pueden descomponer en sustancias más simples (Falcón, 1990).

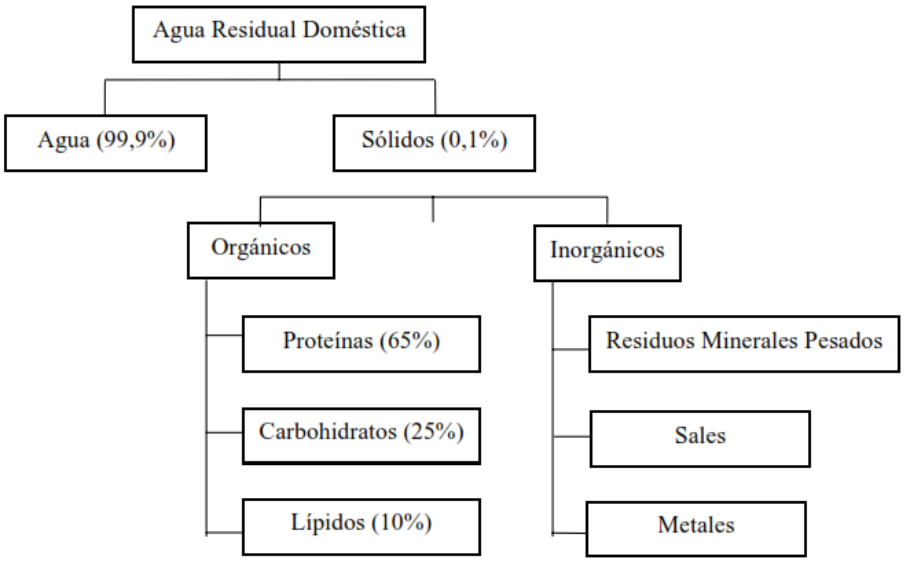



**Figura 1.** Composición de Aguas Residuales Domésticas
**Fuente:** http://solucionesdevivienda.weebly.com/1/post/2011/5/composicin-general-del-agua-residual.html

### 2.5.6. Gases disueltos

Las aguas negras contienen pequeñas y variables concentraciones de gases disueltos. Entre los gases más importantes están:

#### 2.5.6.1.Oxígeno disuelto:

Para Seoanez (1995) es el gas más importante que depende de factores como la temperatura, altitud, movimientos del curso receptor, actividad biológica, actividad química, etc. El control de este parámetro a lo largo del tiempo, suministra una serie de datos fundamentales para el conocimiento del estado de un agua residual.

#### 2.5.6.2.Ácido sulfhídrico

Se forma de la descomposición aerobia de sustancias orgánicas e inorgánicas que contienen azufre. Los olores que produce se utilizan como indicativo de la evolución y estado de un agua residual. (Seoanez, 1995).

#### 2.5.6.3.Bióxido de Carbono

En las aguas negras es el resultado de las fermentaciones de compuestos orgánicos (Seoanez, 1995).

#### 2.5.6.4.Metano

Se forma de la descomposición anaerobia de la materia orgánica (Seoanez, 1995).

Falcón (1990) determina la importancia de estos gases en la descomposición y tratamiento de los sólidos en las aguas negras a pesar de que se encuentren en pequeñas cantidades.

### 2.5.7. Composición biológica de las aguas negras

Las aguas negras contienen incontables organismos vivos provenientes de la materia orgánica, los cuales son visibles únicamente bajo el microscopio debido a su tamaño. Su presencia dentro del tratamiento de estas aguas es muy importante, pues su degradación y descomposición depende de sus actividades. Pertenecen a dos tipos generales, organismos unicelulares, bacterias, y organismos más complejos (Falcón, 1990).

Las bacterias son microrganismos de una sola célula con funciones similares a las de los vegetales, con excepción de que algunas son móviles. Requieren, como todo organismo vivo, alimentos, oxígeno, agua y producen desechos como resultado de sus procesos vitales (Falcón, 1990).

Las bacterias parásitas son las que viven a expensas de otro organismo llamado huésped, provienen generalmente del tracto intestinal de las personas y de las deyecciones de los animales presentes en las aguas. Las bacterias que se alimentan de materia orgánica muerta son llamadas saprófitas y son de suma importancia en los métodos de tratamiento de aguas negras pues aceleran la descomposición natural de sólidos orgánicos. (Falcón, 1990).

Uno de los factores que más influyen en el crecimiento de las bacterias es la temperatura, ya que su velocidad de desarrollo y reproducción dependen de esta. Cada organismo tiene una temperatura mínima, óptima y máxima de crecimiento y la óptima estará siempre más cerca de la máxima que de la mínima. (Falcón, 1990).

Según su temperatura óptima de crecimiento se pueden distinguir en tres grupos:

- Mesófilicos: temperatura que varía entre 20°C a 40°C (Falcón, 1990).
- Psicrófilos: encuentran sus condiciones óptimas a bajas temperaturas, desde 0°C hasta 5°C (Falcón, 1990)
- Termófilos: en el rango de 55°C a 60°C (Falcón, 1990).

| **Rangos de Temperatura (ºC) para el Crecimiento de los Microorganismos** | | | |
|---|---|---|---|
| **Grupos** | **Mínima** | **Óptima** | **Máxima** |
| Termófilos | 40-45 | 55-75 | 60-90 |
| Termótrofos | 15-25 | 30-40 | 45-50 |
| Mesófilos | 5-15 | 30-40 | 40-47 |
| Psicrófilos | -5- +5 | 12-15 | 15-20 |
| Psicrotrofos | -5-+5 | 25-30 | 30-35 |

**Tabla 6**. Rangos de Temperatura (ºC) para el Crecimiento de los Microorganismos
**Fuente:** (UNFV, 2000).

### *2.5.7.1.Bacterias Psicrófilas o Criofilas:*

Bacterias Psicrófilas son las que crecen a temperatura de refrigeración e incluyen las del género: *Speudomonas, Flaviobacterium, Acinetobacter, Alcaligénes, Bacillus*(UNFV, 2000).

Un ejemplo de psicrófilo extremo es la bacteria *Polaromonabacuolata*, del género *Flavobacterium*, recientemente aislada en aguas heladas de la Antártica la cual tiene su óptimo de crecimiento en 4 °C y es incapaz de crecer a 14 °C (UNFV, 2000).

### 2.5.8. Estado de las Aguas Negras

Inmediatamente después de que los sólidos han sido agregados al agua, se las conoce como aguas negras frescas, pues todavía tienen el oxígeno disuelto presente del agua de abastecimiento. Contienen sólidos es suspensión y tienen un olor mohoso poco desagradable. Posteriormente, pasan a la descomposición anaerobia de los sólidos. En este estado se las conoce como aguas negras sépticas y se caracterizan por haber agotado completamente el oxígeno disuelto. Al contrario de las frescas, su color es negruzco y emiten un olor fétido y desagradable. Por último, los sólidos se descomponen totalmente y el oxigeno disuelto se presenta nuevamente, pues es absorbido de la atmósfera. Se las conoce como aguas estabilizadas y su olor es casi nulo, al igual que los sólidos suspendidos (Falcón, 1990).

### 2.5.9. Disposición de las aguas negras

Existe una clara diferencia entre “tratamiento de las aguas negras” y “disposición de las aguas negras”. El primer término se refiere al proceso por el cual se eliminan los sólidos del líquido, ya sea por procesos físicos o procesos de putrefacción, mientras que la disposición hace referencia a los diferentes métodos de evacuarlas posteriormente a su tratamiento.

Existen tres métodos a seguir para llevar a cabo la disposición final: La disposición por irrigación consiste en derramar las aguas negras sobre la superficie mediante zanjas de regadío. Es utilizado para volúmenes de agua pequeños y su mejor aplicación es en zonas áridas o semiáridas. La disposición superficial, como su nombre lo indica, radica en llevar las aguas negras por debajo de

la superficie a través de excavaciones o enlozados, al igual que las anteriores, se utiliza para volúmenes limitados. La disposición por dilución descarga las aguas negras en aguas superficiales como ríos, lagos o al mar. El grado de contaminación dependerá de la dilución y de su composición (Falcón, 1990).

Los objetivos que hay que tomar en consideración en el tratamiento de aguas negras incluyen:

- La conservación de las fuentes de abastecimiento de agua para uso doméstico.
- La prevención de enfermedades.
- La prevención de molestias.
- El mantenimiento de aguas limpias para le baño y otros propósitos recreativos.
- Mantener limpias las aguas que se usan para la propagación y supervivencia de los peces.
- Conservación del agua para usos industriales y agrícolas.
- La prevención del azolve de los canales navegables (Falcón, 1990).

El grado hasta el cual sea necesario llevar un tratamiento determinado, varía mucho de un lugar a otro dependiendo de tres factores:

1. Las características y cantidad de sólidos acarreados por las aguas negras
2. Los objetivos que se proponen en el tratamiento
3. La capacidad o aptitud que tenga el terreno, o el agua receptora, para verificar la auto purificación o dilución necesaria de los sólidos de las aguas negras, sin violar los objetivos propuestos (Falcón, 1990).

Es imprescindible dar un tratamiento adecuado a las aguas negras y disponer de forma segura los sólidos y agua contenida en los lodos que quedan aún en ella.

### 2.5.10. Métodos de tratamiento de aguas negras

La disposición satisfactoria de las aguas negras depende del tratamiento previo a su disposición. A pesar de que son muchos los métodos usados para el tratamiento de las aguas negras, todos pueden incluirse dentro de los cinco procesos siguientes:

### 2.5.10.1. Tratamiento preliminar

El tratamiento preliminar tiene como objetivo eliminar o separar los sólidos mayores, eliminar sólidos orgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites o grasas. Hace más fácil los procesos siguientes al tratamiento y protege los equipos de bombeo (Falcón, 1990).

Para alcanzar los objetivos de un tratamiento preliminar se emplean los siguientes dispositivos:

- Rejas de barra o más finas
- Desmenuzadores, ya sea molinos, cortadoras o trituradoras
- Desarenadores
- Tanques de preaeración

### 2.2.11.2. Tratamiento primario

El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento primario, consiste en disminuir suficientemente la velocidad de las aguas negras para que puedan sedimentarse los sólidos. Por consiguiente, a estos dispositivos se les puede distinguir bajo el nombre de tanques de sedimentación. Pueden dividirse en cuatro grupos generales:

- Tanque sépticos
- Tanques de doble acción, como los Imhoff y algunas otras unidades patentadas.
- Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos.
- Clarificadores de flujo ascendente con eliminación mecánica de lodos (Falcón, 1990).

Cuando se usan productos químicos se emplean otras unidades auxiliares que son:

- Unidades alimentadoras de reactivos
- Mezcladores
- Floculadores

En muchos casos el tratamiento primario es suficientemente adecuado para que se pueda permitir la descarga del efluente a las aguas receptoras.

#### 2.2.11.3. Tratamiento secundario

Este tratamiento debe hacerse posterior al tratamiento primario y cuando las aguas negras todavía contengan más sólidos orgánicos en suspensión o solución que los que pueden ser asimilados por las aguas receptoras. El tratamiento secundario depende principalmente de los organismos aerobios para la descomposición de los sólidos orgánicos (Falcón, 1990).

Los dispositivos que se usan para el tratamiento secundario pueden dividirse en los cuatro grupos siguientes:

- Filtros goteadores con tanques de sedimentación secundaria
- Tanques de aeración: a) lodos activados con tanques de sedimentación simple y b) aeración por contacto.
- Filtros de arena intermitentes
- Estanques de estabilización (Falcón, 1990).

#### 2.2.11.4. Cloración

Es un tratamiento que puede emplearse en todas las etapas de un tratamiento de aguas negras, dependiendo de los propósitos:

- Desinfección o destrucción de organismos patógenos
- Prevención de la descomposición de las aguas negras para: a) controlar el olor, b) protección de las estructuras de la planta
- Como auxiliar en la operación de la planta para: a) la sedimentación, b) en los filtros goteadores, c) el abultamiento de los lodos activados
- Ajuste o abatimiento de la demanda química de oxígeno (Falcón, 1990).

#### 2.2.11.5. Tratamiento de lodos

Los lodos de las aguas negras están formados por sólidos generados en los procesos de tratamiento primario y secundario, junto con el agua que se separa con ellos. Este tratamiento tiene dos objetivos, eliminar parcial o totalmente el agua que contienen los lodos para disminuir

su volumen y descomponer todos los sólidos orgánicos relativamente estables. Esto se logra con la combinación de dos o más métodos de los siguientes (Falcón, 1990).

- Espesamiento
- Digestión, con o sin aplicación de calor
- Secado de lechos de arena, cubiertos o descubiertos
- Acondicionamiento con productos químicos
- Filtrado al vacío
- Secado aplicando calor
- Incineración
- Oxidación húmeda
- Flotación con productos químicos y aire
- Centrifugación

## 2.3. Tratamiento preliminar

Los dispositivos para el tratamiento preliminar se diseñan para (Falcón, 1990):

- Separar o disminuir el tamaño de los sólidos orgánicos grandes que flotan o están suspendidos, constituidos principalmente de trozos de madera, telas, papel, basura, junto con algo de material fecal.
- Separar los sólidos inorgánicos pesados como la arena, la grava e incluso objetos metálicos, a todo lo cual se llama arena
- Separar cantidades excesivas de aceites y grasas

### *Cribado*

El cribado es la operación utilizada para separar material grueso del agua mediante el paso de ella por una criba o rejilla. La criba puede ser de cualquier material agujereado ordenadamente como una plancha, lámina metálica, de madera o de concreto, o agujeros de cualquier forma geométrica. Según el tamaño de abertura se clasifican en rejillas gruesas o finas, siendo las primeras, aquellas con abertura mayor a 0,64cm. Las finas son, generalmente, del tipo de disco o tambor (Romero, 2000)

Las rejillas de acero son las más utilizadas en el tratamiento de aguas residuales pues protegen bombas, válvulas, tubería y equipos del posible taponamiento causado por objetos grandes, siendo la manera más económica de remover partículas en suspensión mayores a 0,64 cm. Según su forma de limpieza pueden ser manuales o mecánicas, sus características principales se incluyen en la tabla 7 (Romero, 2000).

| Característica | De limpieza manual | De limpieza mecánica |
|---|---|---|
| Ancho de la barra | 0,5 - 1,5 cm | 0,5 - 1,5 cm |
| Profundidad de las barras | 2,5 - 7,5 cm | 2,5 - 7,5 cm |
| Abertura o espaciamiento | 2,5 - 5 cm | 1,5 - 7,5 cm |
| Pendiente con la vertical | 30° - 45° | 0° - 30° |
| Velocidad de acercamiento | 0,3 - 0,6 m/s | 0,6 - 1m/s |
| Pérdida de energía permisible | 15 cm | 15 cm |

**Tabla 7.** Características de rejillas de barra.
**Fuente**: Romero, 2000

Los sólidos separados se eliminarán enterrándolos o incinerándolos, o se reducen de tamaño con trituradores o desmenuzadoras y se reintegran a las aguas negras (Falcón, 1990).

## 2.4. Tratamiento primario

El tratamiento primario tiene como objetivo separar los sólidos menores de 0,64 cm que no fueron eliminados en el pre-tratamiento. Se lo realiza por procesos físicos de decantación o sedimentación y se lleva a cabo reduciendo la velocidad de flujo durante un tiempo suficiente para dejar que se depositen la mayor parte de sólidos sedimentables, principalmente orgánicos. Los tanques de sedimentación constituyen los principales dispositivos para el tratamiento primario teniendo la función adicional de la digestión de sólidos (Falcón, 1990).

### 2.4.1. Tanques Sépticos

El tanque séptico está diseñado para mantener las aguas negras a una velocidad muy baja y bajo condiciones anaerobias, por un período de 12 a 24 horas, durante el cual se efectúa una gran eliminación de sólidos sedimentables. Se caracteriza porque la sedimentación y digestión ocurre dentro del mismo tanque, evitándose problemas de complejidad de construcción y excavación. La principal función del tanque séptico es acondicionar las aguas residuales para la disposición superficial en lugares donde no existe sistema de alcantarillado sanitario (Falcón, 1990).

Para aguas residuales domésticas la remoción de la DBO en un tanque séptico puede ser del 30 al 50% de grasas, de 70 a 80% de aceites, de 15% de fósforo y del 50 al 70% de Solidos Sedimentables. Para la localización de un tanque séptico se recomienda tener en cuenta lo siguiente (Orozco et al, 2004):

1. El tanque debe localizarse a más de 15m de cualquier fuente de abastecimiento para proteger las fuentes de agua.
2. El tanque no debe estar expuesto a inundación y debe disponer de espacio suficiente para la construcción del sistema de disposición o tratamiento posterior a que haya lugar
3. El tanque debe tener acceso apropiado para que su limpieza y mantenimiento sean fáciles (Falcón, 1990).

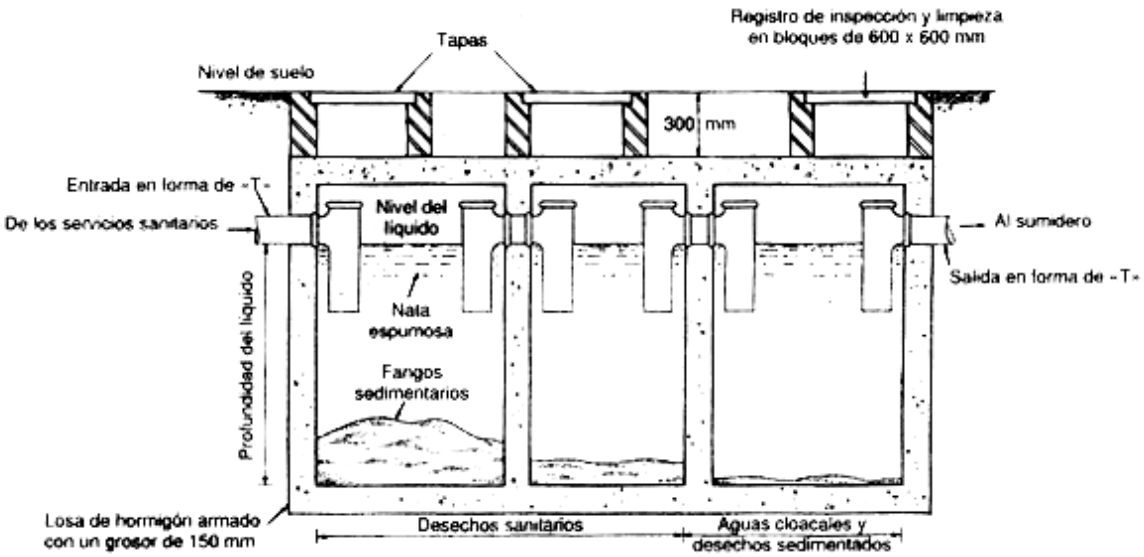



**Figura 2**. Fosa séptica
**Fuente:**http://www.google.com.ec/imgres?q=tanque+septico,+plano&hl

### 2.4.2. Tanque de doble acción

Los tanques Imhoff llevan el nombre de su creador, el ingeniero alemán Karl Imhoff (1876-1965), quien diseñó un tipo de tanque de doble función (recepción y procesamiento) para las aguas negras (Velásquez *et al*, 2011).

Estos tanques se idearon para corregir los dos defectos principales del tanque séptico siendo estos:

1. Impedir que los sólidos que se han separado de las aguas negras se mezclen nuevamente con ellas permitiendo su descomposición en la misma unidad.
2. Proporcionar un efluente adaptable a un posterior tratamiento.

El Tanque Imhoff es un sistema de tratamiento anaerobio que se divide en tres compartimentos, el inferior para la digestión de los sólidos sedimentables, la sección superior de sedimentación y el respiradero o cámara de natas. Según Falcón (1990), el período de retención del tanque disminuye ya que el contacto entre las aguas negras y los lodos que se digieren anaeróbicamente queda prácticamente eliminado.

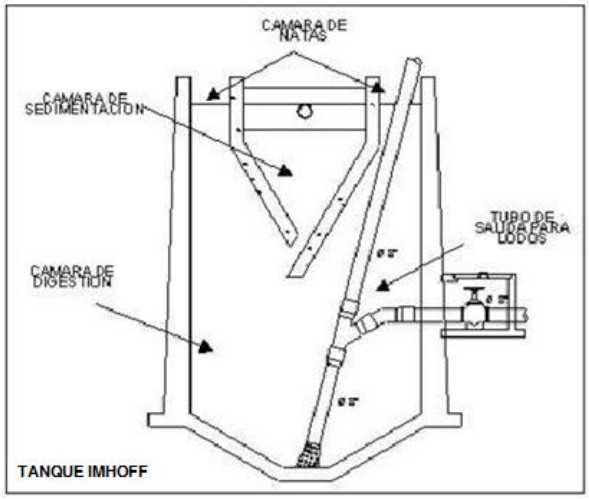



**Figura 3.** Tanque séptico Imhoff.
**Fuente:** OPS, 2005.

Un tanque Imhoff funciona de la siguiente manera: durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos

sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producidos en la digestión, interfieran en el proceso de la sedimentación. Los gases y partículas ascendentes, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, son desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación. Se recomienda invertir la dirección del flujo cada mes para evitar la acumulación de lodos en un solo lado del tanque (Velásquez *et al*, 2011).

#### 2.4.2.1. Operación de Tanques Imhoff:

No habiendo partes mecánicas en un tanque Imhoff, debe prestarse atención a lo siguiente:

1. Eliminar diariamente las grasas, natas y sólidos flotantes, del compartimiento de sedimentación.
2. Raspar semanalmente los lados y fondos inclinados del compartimiento de sedimentación, con un cepillo de goma, para quitar los sólidos que se hayan adherido y que pueden descomponerse
3. Limpiar semanalmente la ranura del comportamiento de sedimentación.
4. Cambiar el sentido del flujo cuando menos una vez al mes, cuando así este previsto en el diseño del tanque.
5. Controlar las natas rompiéndolas y manteniéndolas húmedas. Se retiraran del tanque cuando su espesor llega a los 60-90cm.
6. La descarga de lodos debe hacerse cuando este a 45 cm de la ranura del compartimiento de sedimentación, mediante una bomba y mangueras.
7. Después de la descarga de lodos, se llenan las tuberías con agua o aguas residuales para evitar la obstrucción de la tubería.
8. Se debe evitar la formación de espumas. Cuando se forma espuma, quiere decir que las aguas negras tienen un pH muy ácido; puede corregirse mediante tratamiento de agua con cal, no mayor de 7.6
9. Dejar reposar el tanque durante algunos días.
10. Iniciar operaciones en verano (temporada de temperaturas altas)
11. Sembrar el tanque con lodos en digestión activa

12. Mantener un pH superior a 6.8, evitando la acidificación con lechada de cal. (Falcón, 1990).

El equipo que generalmente se utiliza para la operación y mantenimiento de los tanques de doble acción son:

- Limpiadores de ranura
- Rastrillos
- Desnatadores

#### 2.4.2.2. Ventajas

Entre las ventajas del tanque Imhoff se señalan las siguientes:

- Contribuye a la digestión de lodos mejor que en un tanque séptico, produciendo un líquido residual de mejores característica.
- No descargan lodo en el líquido fluente.
- El lodo se seca y se evacua con más facilidad que el procedente de los tanques sépticos, esto se debe a que contiene de 90 a 95 % de humedad.
- Las aguas servidas que se introducen en los tanques Imhoff, no necesariamente requieren tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba gruesa y la separación de las arenillas.
- El tiempo de retención de estas unidades es menor en comparación con las lagunas.
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Son adecuadas para ciudades pequeñas y para comunidades donde no se necesite una atención constante y cuidadosa (Velásquez *et al*, 2011).
- Simple de operar
- No requiere personal técnico especializado
- La operación consiste en remover diariamente la espuma y en descargarla sobre la zona de ventilación, así como en extraer periódicamente los lodos hacia los lechos de secado (Romero, 2000).

#### 2.4.2.3. Desventajas

- Son estructuras profundas (mayores de 6m).

- Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando esté vacío (Velásquez *et al*, 2011).
- En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto (OPS, 2005).

## 2.3 Energía Solar

El término energía sostenible se refiere a la producida y utilizada de modo que respalde el desarrollo humano a largo plazo, en todas sus dimensiones sociales, económicas y ambientales, es decir no únicamente un suministro continuo de energía, sino la producción y uso de recursos energéticos de forma que fomenten el bienestar humano y el equilibrio ecológico a largo plazo (Informe Mundial de Energía, 2000)

La Energía ocupa un papel fundamental en el cumplimiento de los objetivos interrelacionados del desarrollo humano sostenible en los campos económico, social y medioambiental, sin embargo, para el cumplimiento de estas metas se tendrán que cambiar los tipos de energía que producimos y las formas en las que las utilizamos, de lo contrario se acelerarán los daños en el medio ambiente, aumentará la desigualdad y el crecimiento económico mundial estará en peligro.

Como se indica en la Agenda 21, "Una gran parte de la energía mundial… se produce y consume actualmente de tal manera que no se podrá sostener si la tecnología permanece constante y si las cantidades aumentan considerablemente a nivel mundial". Los aspectos de la insostenibilidad del actual sistema incluyen:

- Falta de acceso a nivel mundial a los combustibles modernos y a la electricidad.
- Falta de fiabilidad y asequibilidad del actual sistema energético para apoyar a un crecimiento económico generalizado. La productividad de una tercera parte de la población mundial está comprometida por la falta de acceso a energía comercial, y quizás otro tercio sufra dificultades económicas e inseguridad debido a suministros de energía poco fiables.

- Los impactos ambientales negativos de carácter local, regional y mundial derivados de la producción y uso de la energía amenazan la salud y el bienestar de las generaciones presentes y futuras (Informe Mundial de Energía, 2000).

Tanto por razones económicas (próxima escasez de hidrocarburos) como ecológicas (alteración de la atmósfera y el suelo), es imperativo el desarrollo de nuevas alternativas energéticas, que sean menos agresivas contra el medio ambiente. El actual esquema de consumo energético a nivel global simplemente no es sustentable, es decir no puede mantenerse indefinidamente sin amenazar su propia existencia (Hermosillo, 1995).

## 2.4 Radiación solar

Casi toda la energía que disponemos proviene directa o indirectamente del Sol, está constituida por la porción de irradiación solar que es interceptada por la Tierra y constituye, como recurso energético terrestre, la principal fuente de energía renovable a nuestro alcance (Vera, 2005).

Las energías renovables son inagotables, limpias y se pueden utilizar de forma autogestionada (aprovechamiento del mismo lugar que se producen) (Vera, 2005). Una de estas fuentes de energía renovable es la energía solar en sus diferentes aplicaciones.

Jutglar (2004) menciona dos objetivos principales de la energía solar, por un lado ahorrar en energías no renovables, sobre todo energía fósil y energía nuclear, y por otro amortiguar el impacto ambiental generado por ellas. Existen dos tipos de aprovechamiento de esta energía, los que convierten en electricidad mediante células fotovoltaicas y los que utilizan para la producción de energía térmica, agua caliente sanitaria y calefacción.

La energía solar fotovoltaica es una de las formas de aprovechamiento de las energías renovables más recientes, teniendo un amplio campo de aplicación y con clara ventaja sobre otras formas de energía, entre ellas, no contamina ni produce ningún ruido, no consume combustible y no necesita un gran mantenimiento. Su utilización va desde productos de consumo, como relojes y calculadoras, pasando por las señalizaciones terrestres y marítimas, las comunicaciones o el alumbrado público, hasta electrificación de zonas rurales sin suministro convencional, como casas aisladas o instalaciones agrícolas y ganaderas (Jutglar, 2004).

### 2.4.1. Aprovechamiento de la energía solar

El sol es una fuente de energía limpia e inagotable, cada hora llegan hasta nosotros 0,7 trillones de KW, 4000-7000 veces superior a la que consumimos diariamente los humanos (Madrid, 2009). La energía solar da la vida a nuestro planeta ya que las plantas necesitan energía del sol, CO2 de la atmósfera, agua y sales del suelo para producir materia orgánica.

### 2.4.2. Energías fósiles y renovables

El sol es nuestra principal fuente energética y sin su presencia la vida en nuestro planeta desaparecería. Durante los últimos años, desgraciadamente, se han utilizado como fuentes energéticas combustibles fósiles, los cuales contaminan la atmósfera y la tierra con los residuos que dejan, hasta el punto de poner en peligro el equilibrio ecológico de nuestro planeta. Por ello, se está pensando en energías limpias e ilimitadas para abastecernos sin peligro (Madrid, 2009).

*Las dos principales fuentes de energía:*

1. Energías no renovables (petróleo, carbón, gas, etc.), que existen en cantidades limitadas
2. Energías renovables (solar, geotérmica, eólica, hidráulica, biomasa, pilas de hidrógeno, etc.), que se tiene en cantidades ilimitadas.

### 2.4.3. El cambio climático

Los combustibles fósiles son los responsables de los problemas medio ambientales y poco a poco la humanidad ha ido sintiendo sus efectos negativos, entre ellos:

- Lluvia ácida
- Destrucción de la capa de ozono
- El efecto invernadero
- Cambio Climático (engloba a todos los anteriores)

Madrid (2009) define a la lluvia ácida como la combinación de la humedad del aire con los óxidos de nitrógeno (NO y $NO_2$) y de azufre ($SO_2$), dando lugar a la formación de ácido sulfúrico

($H_2SO_4$) y ácido nítrico ($HNO_3$). Estos ácidos son arrastrados a la superficie de la tierra por las lluvias, causando daños en la vegetación, muerte de la vida acuática, corrosión de edificios, puentes, monumentos, entre otros.

Como ejemplo podemos citar que una central térmica para la producción de electricidad utilizando carbón como combustible, puede arrojar cada año a la atmósfera:

- 42 000 – 44 000 toneladas de $SO_2$
- 20 000 – 22 000 toneladas de $NO_x$
- 300 000 – 320 000 toneladas de ceniza, que contienen unas 380 – 400 toneladas de metales pesados (Madrid, 2009).

La convención Marco de las Naciones Unidas entiende por "Cambio Climático" a una variación de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y afecta a la variabilidad natural del clima.

Los parámetros que se ven afectados por el cambio climático son:

- Temperatura
- Pluviometría
- Velocidad del viento
- Nubosidad

Madrid (2009) atribuye a los combustibles fósiles el aumento del calentamiento actual de la tierra y predice un incremento de la temperatura de 1,5 a 4,5 °C para el año 2100, lo que traería como consecuencias el deshielo de zonas glaciares, aumento del nivel mar, aumento de la desertificación, destrucción de ecosistemas, lluvias torrenciales, tormentas incontroladas, entre otros.

Es importante mencionar que el efecto invernadero ha existido siempre de forma natural, pues los gases presentes en la atmósfera han ayudando a regular la temperatura de la Tierra. Sin embargo, el problema se da con el incremento desmedido de la actividad humana, aumentando enormemente el aporte de dióxido de carbono y otros gases a la atmósfera.

## 2.5 Energía solar fotovoltaica

### 2.5.1. El efecto fotoeléctrico

Fernández (2009) define al efecto fotoeléctrico como la aparición de una corriente eléctrica en ciertos materiales cuando estos se ven iluminados por radiación electromagnética, sin que sea necesario que aparezca o intervenga ningún efecto mecánico o físico. Algunas de las aplicaciones más conocidas es la generación de electricidad desde los paneles solares y células fotovoltaicas.

### 2.5.2. Aplicaciones del efecto fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico es la base del proceso mediante el cual una célula fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad.

La luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas. Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula fotovoltaica, pueden ser reflejados o absorbidos, o pueden pasar a través. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad. Por lo tanto, siempre que un fotón es absorbido, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta nueva energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con un átomo para formar parte de una corriente de circuito eléctrico (Fernández, 2009)

### 2.5.3. Componentes de un sistema fotovoltaico

*Instalación fotovoltaica autónoma:* Producen electricidad sin ningún tipo de conexión con la red. En la figura 4 se explica una instalación solar autosuficiente que produce la energía eléctrica necesaria para su consumo.

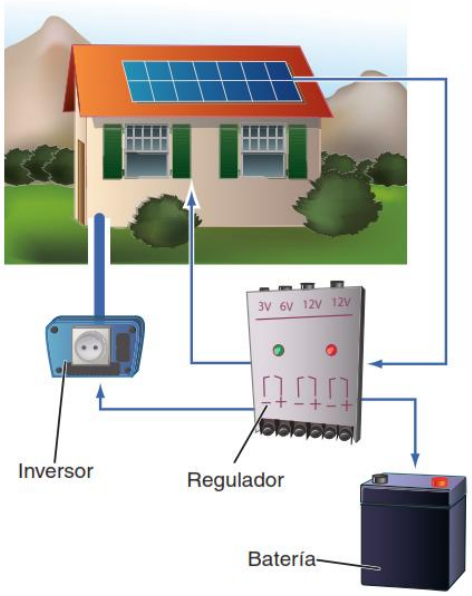



**Figura 4.** Instalación fotovoltáica autónoma.
**Fuente**: http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf

En la figura 5 se muestran los elementos de una instalación fotovoltaica.

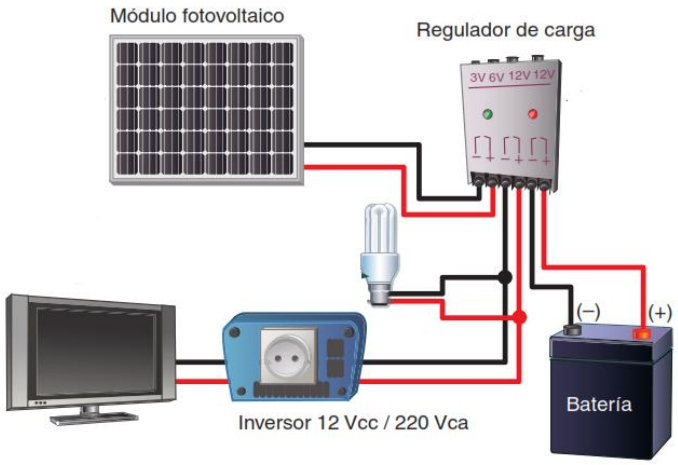



**Figura 5.** Esquema básico instalación fotovoltaica autónoma.
**Fuente:**http://www.sfe-solar.com/calculo-sistemas-fotovoltaicos-aislados-autonomos/

*La célula solar:* es el elemento principal de cualquier instalación de energía pues convierte directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz y se basa en el efecto fotovoltaico.

*El panel solar o modulo fotovoltaico:* Están formados por un conjunto de células conectadas eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre una estructura de soporte. Su función es captar la insolación luminosa procedente del sol y transformarla en corriente continua.

*El regulador de carga:*Se utiliza en la unión entre los paneles solares y las baterías y tiene como objetivo evitar situaciones de sobrecarga o descarga de las baterías y protegerlas de posibles daños irreversibles.

El regulador trabaja en dos zonas, en la parte relacionada con la carga, su misión es la de garantizar una carga suficiente al acumulador y evitar las situaciones de sobrecarga, y en la parte de descarga, se ocupará de asegurar el suministro eléctrico diario suficiente y evitar la descarga excesiva en la batería[1].

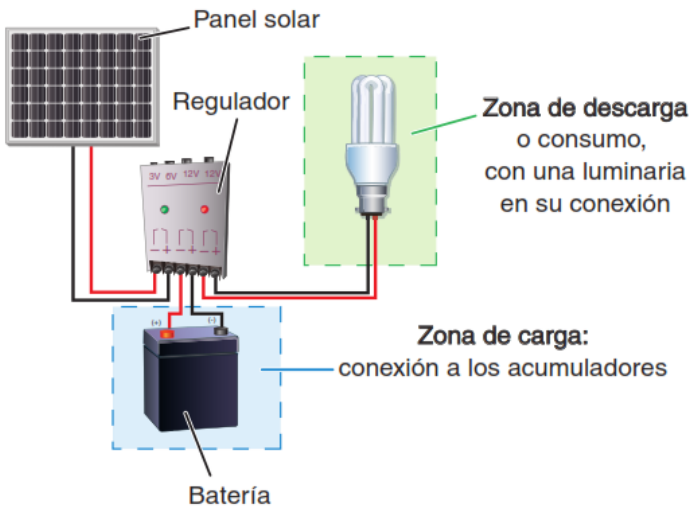



**Figura 6.** Conexiones del regulador en una instalación fotovcoltaica.
**Fuente:**http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf

*Los acumuladores:* Son dispositivos capaces de transformar la energía química en eléctrica y permite disponerla fuera de horas de luz o días nublados. Las baterías son recargadas desde la electricidad producida por los paneles solares, a través de un regulador de carga, y pueden entregar su energía a la salida de la instalación para ser consumida. Existen 3 objetivos principales de las baterías, almacenar energía durante un determinado número de días, proporcionar una potencia instantánea elevada y fijar la tensión de trabajo de la instalación.

[1]http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf

*El inversor:*Se encarga de convertir la corriente continua de la instalación en corriente alterna, igual a la utilizada en la red eléctrica: 220V de valor eficaz y una frecuencia de 50 Hz. Es un elemento imprescindible en las instalaciones conectadas a red y está presente en la mayoría de las instalaciones autónomas, sobretodo en las destinadas a la electrificación de las viviendas[2].

La misión del inversor en las instalaciones autónomas es proporcionar una corriente alterna como la de la red eléctrica para que se puedan conectar los mismos electrodomésticos utilizados habitualmente en las viviendas.

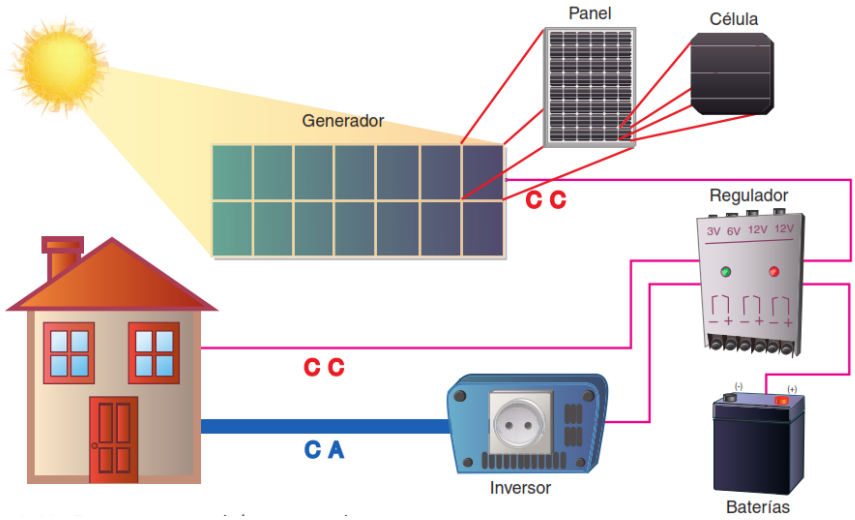



**Figura 7.** Esquema general de una instalación autónoma con inversor.
**Fuente:** http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf

## 2.6 Residuos Urbanos

Alonso *et al* (2003), definen a los residuos urbanos como todos los aquellos provenientes de actividades animales y antropogénicas, generalmente en estado sólido, que son rechazados como inútiles. Se entiende por residuo urbano los producidos en su zona de influencia.

El Refugio del Cotopaxi José F. Ribas genera residuos considerados como domiciliarios pues según Alonso *et al.* (2003), son aquellos provenientes de viviendas aisladas y bloques de vivienda de baja, media o elevada altura. Se pueden encontrar restos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, vidrio, latas, metales, aceites, pilas baterías, productos de limpieza, entre otros. Debido al servicio de comida existente en el lugar, los residuos entran también en la categoría de

[2] http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf

comerciales. Éstos se generan en tiendas, bares, restaurantes, hoteles, mercados y se caracterizan esencialmente por embalajes de papel, cartón, plástico, residuos de comida, etc.

La producción de residuos varía en función de un gran número de parámetros, en este caso, depende de la época del año. Alonso *et al* (2003) señala que la producción de residuos urbanos suele ser máxima en invierno y mínima en verano. También, en época de vacación, la producción en lugares no turísticos disminuye, aumentando en lugares turísticos, como es el caso del refugio del Cotopaxi. Así mismo, en días de descanso, los fines de semana y feriados disminuye la producción de residuos en los lugares de origen y aumenta en los lugares de destino.

El conocimiento de la composición de los residuos es muy importante a la hora de tomar decisiones del sistema de tratamiento a emplear (Alonso *et a,.* 2003). Al igual que en la producción, la composición también depende de muchos factores. Las características de la población, en este caso zonas de servicio, predominan los envases y embalajes. El clima y estación también varía las características de los residuos. En verano se presenta un mayor contenido de restos de frutas y verduras, mientras que las cenizas y escorias procedentes en las calefacciones aumentan en invierno.

Los residuos urbanos están constituidos por materiales muy diversos, es por esto que se necesita reagruparlos en categorías de cierta homogeneidad según los objetivos finales de tratamiento. Existen tres grandes grupos:

- Inertes: metales, vidrios, restos de reparaciones domiciliarias, tierras, escorias y cenizas, cerámicas, etc.
- Fermentables: productos orgánicos putrescibles como pan, restos de pescado, carnes, restos vegetales, etc.
- Combustibles: papel, cartones, plásticos, gomas, cueros, textiles, etc.

### 2.6.1 Transformación de los residuos urbanos

La importancia de los procesos de transformación de residuos radica en tres factores:

- Pueden mejorar la eficiencia de las operaciones y de los sistemas de gestión.
- Mejoran la posible recuperación de materiales reutilizables y reciclables.
- Permiten recuperar productos con un alto rendimiento energético.

Las transformaciones de los residuos urbanos se pueden realizar por medios físicos, químicos y biológicos, y pueden producirse por la intervención del hombre o por fenómenos naturales (Alonso *et al*, 2003).

- Transformaciones Físicas:
  - Separación de componentes
  - Reducción de volumen
  - Reducción de tamaño

- Transformaciones Químicas:
  - Combustión
  - Pirólisis
  - Gasificación

- Transformaciones Biológicas
  - Compostaje aerobio
  - Digestión anaerobia

#### 2.6.1.1. Transformaciones físicas

Existen tres transformaciones principales dentro de la gestión de residuos:

- Separación de los componentes, llevada a cabo mediante procesos manuales o mecánicos y permite transformar los residuos heterogéneos en homogéneos.
- Reducción mecánica del volumen, donde interviene la aplicación de una fuerza o presión para reducir el volumen inicial que ocupa un residuo.
- Reducción mecánica del tamaño, utiliza operaciones mecánicas como: triturar, moler o desfibrar, donde el principal objetivo es la reducción del tamaño de los residuos (Alonso *et al*, 2003).

#### 2.6.1.2. Tratamientos previos a la recogida

La prerrecogida abarca operaciones posteriores a la generación como manejo, separación, almacenamiento y las posibles manipulaciones en los hogares. La fase finaliza cuando los

residuos se presentan de una manera ordenada al servicio de recogida y marca el resto de la gestión de los residuos urbanos.

La forma de presentación ha sufrido una gran evolución, en la actualidad, existen varias razones para el uso obligado de bolsas plásticas, entre ellas:

- Forzar al generador de residuos a una primera minimización de residuos ya que al introducirlos en bolsa se obliga al troceado, plegado y encaje previo que reduce significativamente el volumen.
- Previene malos olores y disminuye insectos y plagas.
- Facilita la recogida de los residuos (Alonso *et al*, 2003).

# CAPITULO 3

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1 Área de estudio

El Parque Nacional Cotopaxi fue creado el 11 de Agosto de 1975 bajo el Acuerdo Ministerial No. 0259-A, y fue declarado Parque Nacional dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas el 26 de Julio de 1979, por Acuerdo Ministerial No. 0322 (Jácome, 2008). Es el primer Parque Nacional en el territorio continental y es el Segundo Parque Nacional del Ecuador.

El Parque Nacional Cotopaxi (PNC) tiene una superficie total de 33. 393 hectáreas, está localizado geográficamente en las Provincias de Pichincha, Cotopaxi y Napo, a 60 km. de distancia de la cuidad de Quito y 30 km. de distancia de la ciudad de Latacunga (Jácome, 2008).

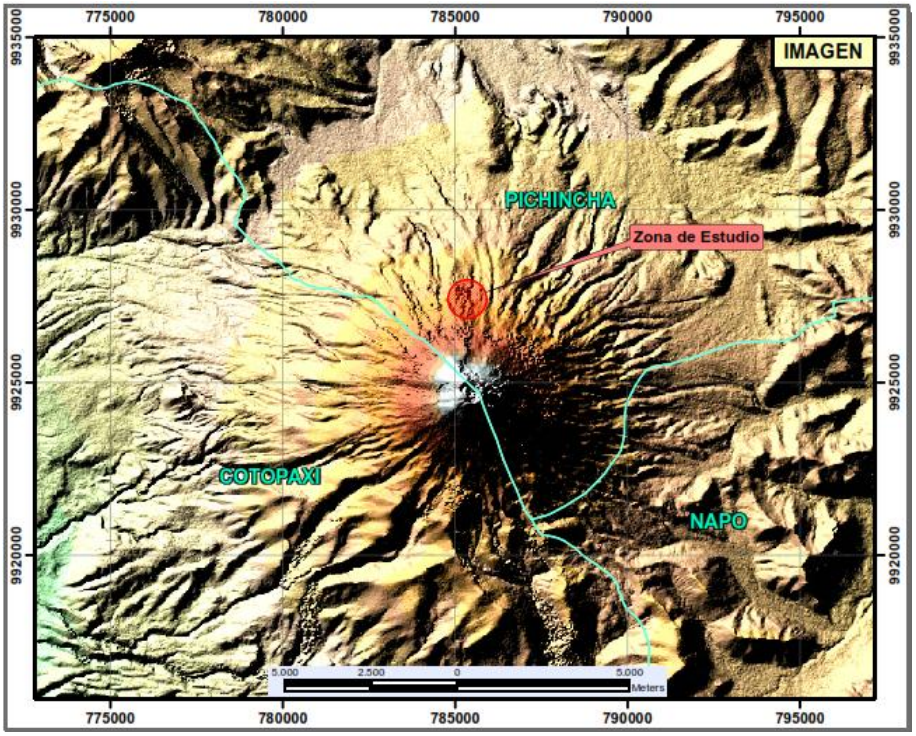



**Figura 8**. Parque Nacional Cotopaxi y área de estudio.
**Realizado por:**Alexandra Garcés, 2012.

Sus límites son líneas rectas que vienen desde los volcanes Cotopaxi y Rumiñahui al Occidente; al Norte desde el volcán Rumiñahui hasta las riveras del río Pita, constituyendo este río como el único límite natural de Parque en sus estribaciones Nororientales ( Jácome, 2008).

Consta de cuatro zonas de vida:

- Bosque muy húmedo Montano (BmhM)
- Páramo pluvial Sub-Alpino (PpSA)
- Tundra pluvial Alpina (TpA)
- Nival (N) (Jácome, 2008).

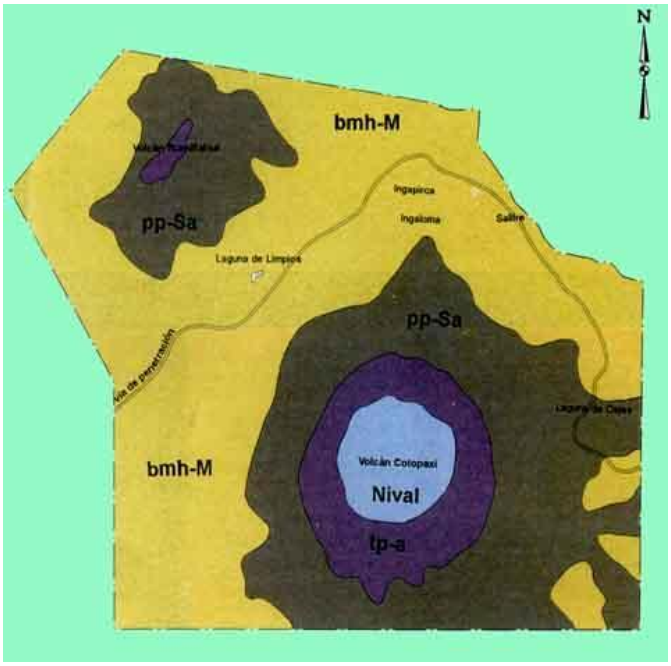



**Figura 9**. Zonas de vida en el PNC
**Fuente:** Guía Interpretativa del Parque Nacional Cotopaxi, Jácome 2008

El lugar de estudio se encuentra en la Zona Nival (N) que va desde los 4 700 metros sobre el nivel del mar. Incluye toda la superficie cubierta por nieves y glaciares en donde no existe ningún tipo de vegetación. En el volcán Cotopaxi, la nieve empieza a partir de los 4 800m de altura

promedio, aunque actualmente hay zonas como su lado occidental donde empieza a los 5 100m y en sus flancos orientales este nivel puede iniciarse desde los 4600m de altitud[3] (Jácome, 2008).

Se han determinado aproximadamente unas 17 especies de mamíferos, 37 especies de aves y algunas de anfibios y reptiles (Coello, 1996).

El Cotopaxi se encuentra ubicado a Latitud 0°38´ Sur, Longitud 78° 26´Oeste y su cumbre se encuentra a 5 897 metros sobre el nivel del mar. El Cono tiene una base aproximada de 16x19 km, y un relieve que puede alcanzar de 2 000 a 3 000 metros desde la base hasta la cima, mientras que sus pendientes fluctúan en 30° de promedio (Andrade *et al*, 2005).

**Imagen 12**. Volcán Cotopaxi.
**Foto:** Roberto Madera, 2010.

El glaciar es uno de los elementos que añade enorme belleza y atractivo a este gran coloso de los Andes ecuatorianos, su área actual se encuentra calculada en 14km$^2$ aproximadamente, y su volumen estimado es de unos 700 millones de m$^3$ (Andrade *et al*, 2005).

[3]Los Peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi, Andrade, Hall, Mothes, Troncoso, Eissen, Samaniego, Egred, Ramón, Rivero y Yepes, 2005.

El Parque Nacional Cotopaxi es el área del Sistema Nacional de Áreas Protegidas continentales con el volumen más alto de visitantes extranjeros, mientras que ocupa el segundo puesto en visitación total (extranjero y nacional), siendo primera la Reserva Cotacachi Chayapas (Fundación Páramo, 2007).

### 3.2 Descripción deel Refugio.

**Imagen 13**. Vista del Refugio de el Cotopaxi.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2011.

El sitio de estudio es el Refugio José F. Ribas, ubicado en el flanco norte del Cotopaxi. Sus coordenadas UTM:

| Coordenada X | Coordenada Y |
|---|---|
| 785110 | 9926562 |

**Tabla** 8. Coordenadas de elrefugio.
**Fuente**: Roberto Madera, 2011.

**Imagen 14**. Refugio José F. Ribas.
**Fotos:**Garcés y Madera, 2012.

La construcción consta de 2 plantas, en el primer piso se ubica un gran comedor con dos cocinas, una de ellas utilizada por personal del refugio que brinda servicio de restaurante, la otra se encuentra abierta al público, sin embargo es utilizada es su mayoría por guías de montaña para dar servicio de cena a sus clientes. El segundo piso consta de dos dormitorios con sus respectivas literas y canceles para beneficio de los usuarios. Es importante aclarar que existe una pequeña instalación utilizada como suite en las afueras del Refugio. Existe también una pequeña construcción donde se encuentran los baños, la bodega de alimentos y la bodega de basura.

**Imagen 15**. Instalaciones del Refugio José F. Ribas.
**Fotos:** Garcés y Madera, 2012.

Con la construcción del refugio, se producen varios impactos ambientales provocados por la operación del albergue, a los cuales no se les está dando ningún tipo de tratamiento ni se les ha tomado en consideración por 40 años.

### 3.3 Trabajo de campo

El planteamiento del problema nace muchos años atrás, después de varias visitas al Refugio José F. Ribas. Cada vez que se visitaba el lugar se observaba el mal manejo de los desechos generados. El 11 de Noviembre de 2011, se tuvo una reunión con Belisario Chiriboga, miembro del Grupo de Ascensionismo del Colegio San Gabriel y actual administrador del Refugio del Cotopaxi y Cayambe. En dicha reunión se le planteó el tema y se pidió la autorización para

realizarlo, así como la colaboración del personal del refugio. Una vez con luz verde para el proyecto de fin de carrera, empezaron las salidas de campo.

El 2 de Diciembre del 2011 se realizó la primera visita al Refugio, cuyo objetivo principal fue conocer al personal que trabaja en las instalaciones e informales a cerca del proyecto que se llevaría a cabo los próximos meses. Afortunadamente se encontró con gente muy amable, dispuestos a ayudar y muy gustosos de la realización del estudio.

Esta salida, a su vez, sirvió para conocer la magnitud del problema, pues se sabía de la mala disposición de las aguas negras, sin embargo no se conocía el lugar donde se las depositaba. Cabe recalcar que las condiciones climáticas de la primera salida no fueron las mejores, el viento y la constante caída de nieve hicieron difícil la ascensión hasta los 4 810 m.s.n.m., donde se ubica el Refugio. Se pudo constatar el inmenso esfuerzo que implica subir grandes cantidades de carga para el abastecimiento del lugar.

En esta ocasión, se marcaron los puntos GPS de interés siendo estos:

| Punto GPS | Coordenada X | Coordenada Y |
|---|---|---|
| Parqueadero | 785057 | 9927317 |
| Techo Norte | 785110 | 9926562 |
| Techo Sur | 785109 | 9926547 |
| Aguas de Cocina | 785106 | 9926570 |
| Aguas Negras | 785077 | 9926573 |

**Tabla 9.** Coordenadas UTM.
**Fuente**: Roberto Madera, 2012.

### 3.3.1 Agua

Actualmente existe una construcción cinco metros al oeste del refugio donde funcionan los baños.

**Imagen 16.** Refugio del Cotopaxi, cara oeste.
**Foto:** Roberto Madera, 2012.

Existe una pequeña construcción en las afueras del Refugio donde se encuentran 3 baterías sanitarias y un urinario las cuales son utilizadas por hombres y mujeres.

**Imagen 17.** Vista por afuera de los Baños.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

El abastecimiento de agua del refugio se realiza mediante una tubería que baja del glaciar y se almacena en cisternas ubicadas a los costados de la construcción. El lugar donde inicia la toma es una vertiente que se ha formado por los deshielos de la montaña ubicado 2 km arriba del refugio. El agua que se utiliza para consumo se encuentra en las cisternas de la parte norte de la construcción, mientras que en el lado oeste está el agua utilizada para la limpieza de los baños.

**Imagen 18**. Tubería en el glaciar.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

**Imagen 19**. Deshielo de glaciar.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

Existen épocas en las que el glaciar se encuentra totalmente seco por lo que la poca cantidad de agua almacenada en las cisternas se la destina al consumo. Estos períodos de tiempo determinan un gran problema en el refugio pues las baterías sanitarias se cierran.

**Imagen 20.** Parte interior de los baños.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012

Los baños están cubiertos totalmente por cerámica, a excepción del techo. La aireación se realiza únicamente por dos ventanas ubicadas en la parte superior. El funcionamiento de las baterías sanitarias es manual. Cada usuario debe llenar un balde de agua, con capacidad para 4 litros, y depositarlo en el inodoro para que se vayan los residuos.

**Imagen 21.** Vista interior de los baños.
**Foto**: Alexandra Garcés, 2012.

**Imagen 22**. Baldes que almacenan agua del baño.
**Foto**: Alexandra Garcés, 2012.

**Imagen 23.** Baldes que almacenan agua del baño.
**Foto**: Alexandra Garcés, 2012.

**Imagen 24**. Batería Sanitaria.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

Es importante mencionar que las condiciones del lugar hacen difícil el uso de los baños. Los usuarios generalmente están cubiertos por mucha ropa debido a las condiciones climáticas, por lo que al usar el inodoro suelen mojar sus bordes. Además, no siempre riegan agua en las letrinaslo que provoca que los residuos se queden por mucho tiempo, provocando olores desagradables.

Se encontraron grandes cantidades de papel higiénico en el inodoro, provocando que estos se tapen. Existe poca cultura y una gran falta de educación de la gente que realiza esto ya que aumentan la contaminación y dificultan el tratamiento de las aguas negras.

Para la contabilización del número de personas que utilizan el baño, se colocó una cuadrícula a la salida con el objetivo de que cada persona marque el número de usuario que le corresponde. Para esto, se pegaron pequeños letreros en cada batería sanitaría y en el urinario con información para los usuarios. Los letreros estaban en español e inglés ya que llega un gran número de extranjeros al lugar.Se anotaba la hora de inicio y finalización del conteo en la parte superior izquierda de la hoja.

**Imagen 25**. Letreros colocados en los baños
**Foto**: Alexandra Garcés, 2012

Para verificar que la totalidad de usuarios se anoten en la cuadricula, se habló con las personas a la salida del baño y se pidió la colaboración de los guías de montaña que llegaban con grupos al lugar, para que informasen a sus clientes, con el objetivo de conocer el volumen real de agua para el diseño de la planta.

El mayor inconveniente que se tuvo fue estar pendiente de que todas las personas se anoten en la cuadrícula. Hubo casos en los que a pesar de que se habló con la gente y que leían los letreros, simplemente no marcaban en la hoja. Para evitar esta falta de contabilización, se permaneció, algunas veces, por varias horas en la puerta del baño, verificando que todo el que usase se apuntara.

Al principio fue difícil para los usuarios acostumbrarse a anotar cada vez que iban al baño, sin embargo, conforme pasaron los meses, muchas personas, sobretodo guías de montaña, lo hacían sin ningún problema.

Se identificaron 2 grupos diferenciados de usuarios.

- Los Turistas, que no se quedan la noche en el Refugio sino unas pocas horas.

**Imagen 26**. Turistas afuera del Refugio del Cotopaxi.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012

Se los puede identificar claramente pues no van con la ropa apropiada y permanecen como máximo hasta las 4 de la tarde ya que la salida del parque se la puede realizar hasta las 5 pm.

- Andinistas. El segundo grupo de usuarios son todos aquellos que van a intentar llegar a la cumbre. Este grupo se queda a dormir y salen a media noche a la cumbre.

Un problema en el funcionamiento de los baños es la falta de agua en el refugio. Como se mencionó anteriormente, existen épocas donde las cisternas se encuentran vacías. Por lo tanto se cierran los baños cuando los usuarios sobrepasan su capacidad.

Se realizó esta contabilización por 6 meses, de Enero a Junio. A la llegada al lugar, se colocaba la cuadrícula y letreros en el baño, retirándolos minutos antes de la salida. No se tuvo horas iguales de medición, sin embargo se intentó contabilizar el mayor número de horas posibles.

Las fechas se muestran en la siguiente tabla:

| Mes | Día | Hora de Inicio | Hora de Cierre |
|---|---|---|---|
| Enero | 21 | 15:00 | 15:00 |
| Febrero | 25 | 19:30 | 12:30 |
| Marzo | 03 | 12:45 | 14:45 |
| Marzo | 09 | 17:30 | 16:00 |
| Marzo | 31 | 16:45 | 16:45 |
| Abril | 29 | 10:15 | 15:45 |
| Mayo | 19 | 18:30 | 13:30 |
| Junio | 9 | 17:55 | 12:20 |

**Tabla 10**. Fechas de las Salidas de campo.
**Realizado por**: Alexandra Garcés, 2012.

### 3.3.2. Diseño del Tanque Imhoff

Para el dimensionamiento de un Tanque Imhoff se deben tomar en consideración los criterios de la Norma S090 "Planta de Tratamiento de Aguas Residuales" del reglamento Nacional de Construcción (OPS, 2005).

El tanque imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos:

3. Cámara de sedimentación
4. Cámara de digestión de lodos
5. Área de ventilación y cámara de natas.

Además de estos compartimentos se tendrán que diseñar el lecho de secado de lodos.

#### 3.3.2.1. Diseño del Sedimentador

**Ecuación 1.** Caudal de diseño, $m^3$/hora

$$\mathrm{Qp} = \frac{\text{Población x Dotación}}{1000} \text{ x \%Contribución} \quad (\mathbf{1})$$

Dotación, en litro/hab/día.

**Ecuación 2.** Área del sedimentador (As, en $m^2$)

$$\mathrm{As} = \frac{\mathrm{Qp}}{\mathrm{Cs}} (\mathbf{2})$$

Donde:

**Ecuación 3**. Carga superficial

$$\mathrm{Cs} = \frac{1m^3}{m^2 x\ h} (\mathbf{3})$$

**Ecuación 4.** Volumen del sedimentador

$$\mathrm{Vs} = \mathrm{Qp}\ \mathrm{x}\ \mathrm{R} \mathbf{(4)}$$

R: Período de retención hidráulica, entre 1.5 a 2.5 horas (recomendable 2 horas).

- El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá de 50° a 60°.

- En la arista central se debe dejar una abertura para paso de los sólidos removidos hacia el digestor, esta abertura será de 0.15 a 0.20 m.

- Uno de los lados deberá prolongarse, de 15 a 20 cm, de modo que impida el paso de gases y sólidos desprendidos del digestor hacia el sedimentador, situación que reducirá la capacidad de remoción de sólidos en suspensión de esta unidad de tratamiento.

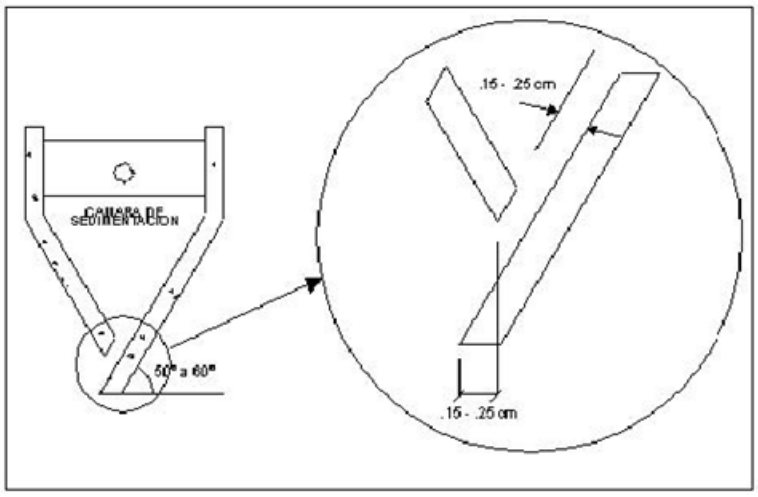



**Figura 10.**Detalle de cámara de sedimentación.
**Fuente:** OPS, 2005.

**Ecuación 5.** Longitud mínima del vertedero de salida (Lv, en m)

$$\mathrm{Lv} = \frac{\mathrm{Qmax}}{\mathrm{Chv}} (\mathbf{5})$$

Donde:

*Qmax*: Caudal máximo diario de diseño, en m3/día.

*Chv*: Carga hidráulica sobre el vertedero, estará entre 125 a 500 m3/(m*día), recomendable 250.

#### 3.3.2.2. Diseño del digestor

**Ecuación 6.** Volumen de almacenamiento y digestión (Vd, en $m^3$).

Para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se tendrá en cuenta la siguiente tabla:

| Temperatura °C | Factor de capacidad relativa (fcr) |
|---|---|
| 5 | 2.0 |
| 10 | 1.4 |
| 15 | 1.0 |
| 10 | 0.7 |
| >25 | 0.5 |

**Tabla 11.**Factor de capacidad relativa a determinada temperatura.
**Fuente:** OPS, 2005.

$$Vd = \frac{70 \text{ x } P \text{ x } fcr}{1000} (6)$$

Donde:

fcr: Factor de capacidad relativa, ver tabla 8.

P: Población

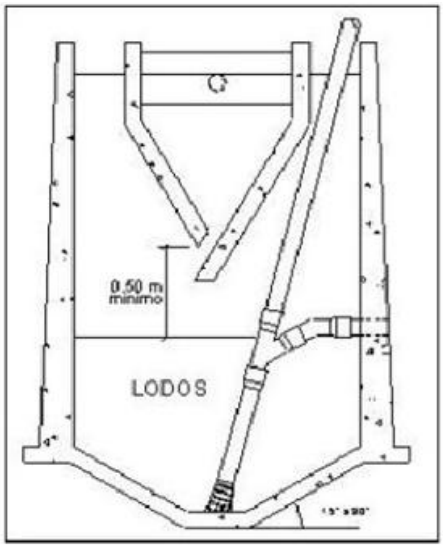



**Figura 11** Detalle de tolva de lodos
**Fuente:** OPS, 2005.

- El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco de pirámide invertida (tolva de lodos), para facilitar el retiro de los lodos digeridos.

- Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 15° a 30° con respecto a la horizontal.
- La altura máxima de los lodos deberá estar 0.50 m por debajo del fondo del sedimentador.

Tiempo requerido para la digestión de lodos

El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura, para esto se empleará la tabla 9.

| Temperatura °C | Tiempo de digestión en días |
|---|---|
| 5 | 110 |
| 10 | 76 |
| 15 | 55 |
| 10 | 40 |
| >25 | 30 |

**Tabla 12.** Tiempo requerido para la digestión de lodos.
**Fuente:** OPS, 2005.

### 3.3.2.3. Frecuencia de retiro de los lodos

Los lodos digeridos deberán retirarse periódicamente, se calcula en base a tiempos referenciales considerando que existirá una mezcla de lodos frescos y lodos digeridos. Para estimar la frecuencia de retiros de lodos se usarán los valores consignados en la tabla 2. En la primera extracción se deberá esperar el doble de tiempo de digestión para la remoción de lodos (OPS, 2005).

### 3.3.2.4. Extracción de lodos

El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 200 mm y deberá estar ubicado 15 cm por encima del fondo del tanque. (OPS, 2005).

Para la remoción se requerirá de una carga hidráulica mínima de 1.80 m.

### 3.3.2.5. Área de ventilación y cámara de natas

Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y el sedimenador (zona de espuma o natas) se tendrá en cuenta los siguientes criterios:

- El espaciamiento libre será de 1.0m como mínimo.
- La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.
- El borde libre será como mínimo de 0.30 cm (OPS, 2005).

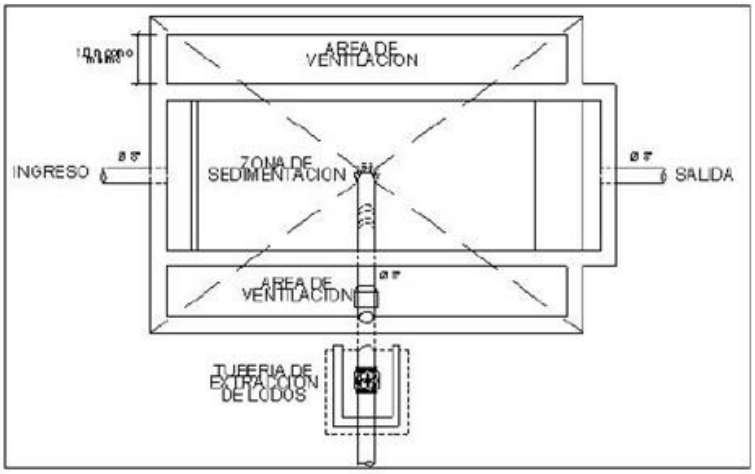



**Figura 12.** Área de ventilación y cámara de natas
**Fuente:** OPS, 2005.

### 3.3.3. Agua de consumo

Se realizó un análisis del agua de consumo del refugio para descartar la presencia de coliformes totales. El agua que se utiliza en la cocina proviene directamente del glaciar, sin tener contacto con alguna posible fuente de contaminación, sin embargo es almacenada en dos cisternas en las afueras del refugio. No se tiene un tiempo límite para el almacenamiento del agua ni para la limpieza de la cisterna, por lo que se realizó el mencionado análisis.

Se cogió una muestra de cada cisterna de agua, dos de agua de consumo, y una del agua que se utiliza para la limpieza de los baños. El método que se utilizó fue el número más probable (NMP) para confirmar la presencia de coliformes. El procedimiento que se utilizó fue el siguiente:

- Se prepararon 15 tubos de ensayo con 9mL de caldo Lauril Sulfato, colocando un tubo Durham en el interior para confirmar la posible presencia de gas.
- Se utilizaron 5 tubos por muestra.
- Se realizaron diluciones de la muestra de $10^{-5}$ y se colocó 1mL de cada una en su respectivo tubo de ensayo.
- Se dejó en la incubadora por 48 horas y se revisaron los resultados.

Además, Se realizó el análisis confirmativo con caldo Endo. Esta es una prueba que viene ya preparada por lo que únicamente hay que filtrar la muestra de agua y colocarla en el medio. Se deja por 24 horas y se revisa la presencia o ausencia de coliformes.

### 3.3.4. Muestreo de suelos

Se realizó análisis microbiológico del suelo donde se riegan las aguas negras con el objetivo de verificar la presencia de microrganismos en el mismo. Se recogió una muestra de suelo contaminado en una jeringa de 60mL. Una vez en el laboratorio, se utilizó Agar Nutritivo para confirmar la presencia de bacterias, y agar Sabouraud para hongos. Para esto, se realizó una dilución de la muestra, tomando 10 gramos de la misma y colocándolos con 90mL de agua destilada. Se sembró 10 cajas de cada medio de cultivo y se separó en dos grupos, 5 estarían en la incubadora, a temperatura de 35°C, mientras que la otra estaría en la refrigeradora a 2°C, simulando las condiciones del lugar.

### 3.3.5. Residuos sólidos

En la actualidad se almacenan todos los residuos en una misma funda, una vez que esta se llena, se la lleva a una bodega ubicada en la parte oeste del Refugio, al lado de los baños. La recolección se realiza una vez a la semana y se la lleva a una pequeña construcción ubicada metros abajo del parqueadero. Una camioneta, contratada por varias hosterías dentro del PNC lleva los desechos al botadero de Machachi.

En los primeros meses se observó que se generaban grandes cantidades de residuos, siendo el más importante las botellas de plásticos, pets. Con la ayuda del personal del refugio se decidió clasificar los desechos en dos grandes grupos: desechos comunes y botellas de plástico. Por otro

lado, se colocó un basurero en la cocina donde se depositaron todas las botellas de plástico para ser pesado cuando estuviese lleno.

Se colocó una pesa en la bodega de almacenamiento junto con una tabla dividida en los dos grupos anteriormente mencionados.

**Imagen 27**. Tabla de pesaje de desechos.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

**Imagen 28.** Bodega de almacenamiento de desechos a la izquierda. Funda de pesaje a la derecha.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

Se recogió información de los registros del lugar donde anotan el número de costales generados al mes. Se obtuvieron datos del año completo.

El 31 de Marzo se realizó la caracterización de una funda de basura. Debido al tipo de residuos sólidos producida en el lugar, se decidió separar en 5 grupos.

- Botellas de plástico
- Cartón
- Plásticos
- Comida enlatada
- Otros

**Imagen 29.** Residuos sólidos generados en el Refugio.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

Se clasificó y se peso cada grupo. Existieron residuos que no se pudieron clasificar pues no pertenecían a ningún grupo. A ellos se los agrupo como “Otros”.

Es importante aclarar que la mayoría de residuos se generan en la cocina, del servicio de restaurante. Sin embargo, la cocina para uso público es una fuente de generación de desechos. Guías de montaña la utilizan para dar de comer a sus grupos de clientes dejando todos los residuos y platos sucios en el lugar.

### 3.3.6. Energía

Se quiere aprovechar los rayos de sol directo que llegan al lugar poniendo paneles solares para la generación de energía eléctrica.

**Imagen 30**. Sol pega directamente en el techo.
A la derecha, el sol pega en el Techo Norte. A la izquierda el sol pega en el techo sur.
**Fotos:** Garcés y Madera, 2012.

#### 3.3.6.1. Cálculo de la corriente requerida:

La contabilización del número de paneles y baterías depende de la potencia de los equipos y del número de horas directas de sol que llega al lugar. Para el cálculo se utilizó un panel TYN-135P6 con los siguientes datos:

- Potencia: 135 W
- Voltaje: 12 V

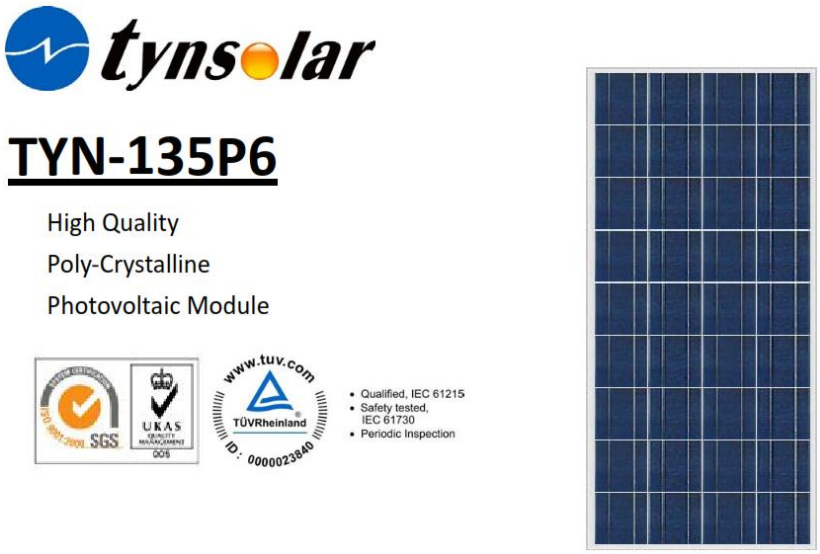



**Figura 13.**Panel Solar TYN 135P6
**Fuente:**Renova Energía, 2012.

| Artefacto | Cantidad |
|---|---|
| Focos | 27 |
| Radio | 1 |
| Televisión Pequeña | 1 |
| Cargador de Celular | 2 |
| Computadora | 1 |

**Tabla 13.**Consumo Energético diario.
**Realizado por:** Alexandra Garcés, 2012.

El primer aspecto que se debe tomar en cuenta a la hora de realizar el diseño de las unidades fotovoltaicas, es el consumo racional de energía. Para esto se necesitó conocer las características eléctricas de los equipos, en especial la potencia, así como el número de horas que se los utilizan al día. En la tabla 13 se detallan los equipos en el Refugio.

El consumo de energía implicó únicamente multiplicar y sumar, en este caso se multiplicó el número de equipos por la potencia de cada uno y por las horas de uso diario. Así:

**Ecuación 7.** Cantidad x Potencia x Uso de horas al día.**(7)**

Por último, sumamos los datos finales de cada equipo, para obtener la Carga diaria Total. **A1**

**A2** La tensión CD del Panel, en este caso 12V.

**A3**Carga de la Corriente, viene dado por la función:

**Ecuación 8.**Potencia del equipo

$$P = \text{V x I} \textbf{(8)}$$

Donde:

P es la Potencia del equipo, en Watts.

V es el valor de la tensión, voltaje, en Voltios.

I es la intensidad de la corriente, en Amperios.

**Ecuación 9.**Intensidad

Por lo que: $$I = \text{P / V} \textbf{(9)}$$

**A4**Se multiplicó por el factor de seguridad 20% (para compensar las pérdidas en las baterías y otros componentes), siendo 1,2 (CONELEC).

**A5**Carga diaria corriente corregida (A4*A3).

**A6**Promedio de horas de sol por día.

**A7**Amperaje que el sistema tendrá que producir (A5*A6)

### 3.3.6.2. Cálculo del número de paneles

**B1** Amperaje máximo del módulo solar seleccionado (según las especificaciones del fabricante).

**B2**cálculo del número de paneles, Amperaje que necesito para Amperaje del panel (A7/B1).

**B3**Se redondeó al inmediato superior.

### 3.3.6.3. Cálculo del número de baterías

**C1**Carga total diaria (A5)

**C2**Días de reserva (tiempo que el sistema tiene que estar funcionando sin sol)

# CAPITULO 4

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Agua

#### 4.1.1. Número de usuarios de los servicios higiénicos por hora.

| Fecha | N° usos | N° horas | N° usos/h |
|---|---|---|---|
| 21-ene | 176 | 24 | 7,3 |
| 24-feb | 207 | 39 | 5,3 |
| 03-mar | 29 | 4 | 7,3 |
| 09-mar | 209 | 22,5 | 9,3 |
| 31-mar | 306 | 24 | 12,8 |
| 29-abr | 71 | 5,5 | 12,9 |
| 19-may | 119 | 19 | 6,3 |
| 09-jun | 161 | 18,41 | 8,7 |
| TOTAL | 1278 | 156,41 | 8.17 |

**Tabla 14**. Número de usuarios de las baterías sanitarias.
**Realizado por:** Alexandra Garcés, 2012.

| Fecha | N° usos | N° horas | N° usos/h |
|---|---|---|---|
| 03-mar | 29 | 4 | 7,3 |
| 29-abr | 71 | 5,5 | 12,9 |
| 09-jun | 161 | 18,41 | 8,7 |
| 19-may | 119 | 19 | 6,3 |
| 09-mar | 209 | 22,5 | 9,3 |
| 21-ene | 176 | 24 | 7,3 |
| 31-mar | 306 | 24 | 12,8 |
| 24-feb | 207 | 39 | 5,3 |

**Tabla 15.** Número de usuarios ordenado en forma ascendente del número de horas medidas.
**Realizado por:** Alexandra Garcés, 2012.

En la tabla 14 y 15 se muestran los mismos resultados, el número de usuarios de las baterías sanitarias, sin embargo se ordenan en forma cronológica y en función de las horas medidas

respectivamente. En la tabla 15 podemos ver claramente cómo a pesar del incremento de las horas medidas, el número de usos por hora no incrementa en la misma dirección.
Esto se debe a las diferentes situaciones en las que se tomaron las medidas, por ejemplo, es de esperarse que el día en el que se permaneció por mayor tiempo en el Refugio, del 24 de febrero de 2012 al 26 de febrero del mismo año, se tuviera la mayor cantidad de usuarios del baño, sin embargo los resultados demuestran lo contrario. Esto ocurrió porque el día que se empezó la medición fue viernes en la tarde, fecha en la que no se encontró gran cantidad de personas que pernoctaron en el lugar. Además, en esta ocasión, el domingo 26, se cerró el baño por falta de agua en el lugar, de 10h30 a 12h30.

Otra fecha que difiere de lo esperado es el 29 de abril, donde se presentó el mayor número de usuarios de las baterías sanitarias en uno de los menores tiempos medidos. Se midió un domingo empezando a las 10h10 hasta las 15h45, siendo el total de horas de contabilización de 5,5. Coincide que las horas de medición son las de mayor afluencia de turistas, por lo que el promedio por hora será mayor.

Existen también dos fechas, en las cuales a pesar de tener el mismo tiempo de medición, varían en resultados, el 21 de enero y 31 de marzo, con 24 horas de contabilización. Cabe recalcar que en la segunda salida el Refugio José F. Ribas estuvo ocupado en su totalidad, con 78 personas que durmieron en el lugar, lo que aumentó el número de usos de las baterías sanitarias.

Dos fechas que valen la pena mencionar son el 21 de enero y el 3 de marzo, donde se tiene el mismo número de usos de los baños por hora, a pesar de las diferentes horas de medición. En el primer caso se obtuvieron datos por 24 horas, mientras que en el segundo únicamente por 4 horas. Cabe mencionar que en marzo se midió un sábado desde las 12h45 hasta las 16h45, vemos que al igual que en el 29 de abril, coincide que son las horas pico de afluencia de personas a pesar de que la medición es de menor tiempo, por lo que el promedio nos sale un dato significativo.

### 4.1.2. Número de personas que duermen en el Refugio al año.

| Mes | Nacionales | Extranjeros | TOTAL |
|---|---|---|---|
| mar-11 | 109 | 251 | 360 |
| abr-11 | 185 | 105 | 290 |
| may-11 | 51 | 90 | 141 |
| jun-11 | 206 | 299 | 505 |
| jul-11 | 167 | 357 | 524 |
| ago-11 | 246 | 513 | 759 |
| sep-11 | 155 | 234 | 389 |
| oct-11 | 166 | 221 | 387 |
| nov-11 | 318 | 438 | 756 |
| dic-11 | 267 | 343 | 610 |
| TOTAL | 1870 | 2851 | 4721 |

**Tabla 16.** Número de personas que duermen en el Refugio
**Fuente:** Belisario Chiriboga, 2012.

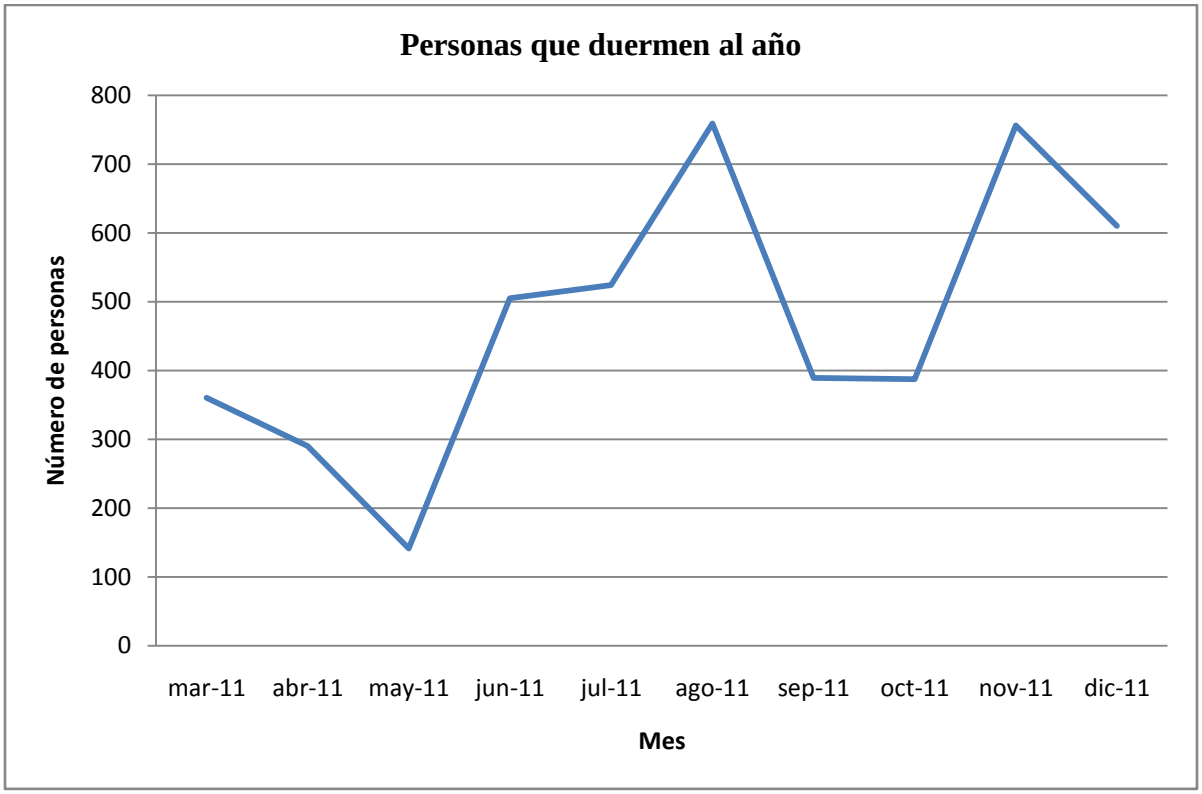



**Figura 14.** Número de personas que duermen al año.
**Fuente**: Administración Refugio Cotopaxi, 2012.

En la tabla 16 se presenta la cantidad de personas que duermen al año en el Refugio, siendo mayor el número de extranjeros que nacionales. En la Figura 15 se observa un incremento en los meses de mayo a agosto y de octubre a noviembre. El mes con menos afluencia de personas es mayo y el mayor es agosto.

### 4.1.3. Diseño de la planta de tratamiento de agua

Luego de estimar el número de personas que utilizan en baño del Refugio José F. Ribas, con un máximo de 13 usuarios por hora, se diseñó de un Tanque Imnhof. Para su dimensionamiento se calculó la población dando como resultado 360 personas por día. Este dato se obtiene de la multiplicación del número de usuarios por hora, por las 24 horas del día. En este caso, se utilizó el dato más alto de la contabilización siendo 13 usuarios por hora. Se asume un valor un poco mayor como factor de seguridad, 15 usuarios por hora, multiplicados por las 24 horas nos dan una población diaria de 360.

Para la dotación, se tomó como medida la cantidad usada por persona para descargar el agua del inodoro, siendo en este caso 4 litros por persona. Para cumplir con las unidades multiplicamos por 24 horas, teniendo una dotación de 96 L/pers/día. De igual manera, se asume un valor un poco mayor como factor de seguridad, obteniendo como dotación final un valor de 100 L/pers/día.

#### 4.1.3.1. Cálculo del caudal

Población (*P*): 360 personas x día

*Tasa de crecimiento*: 20

*Dotación*: 100 L/pers/día.

*Período de diseño*: 15 años

*% Contribución*: 80%

**Ecuación 10.** Población Futura

$$Pf = Pa\left(1 + \frac{r\ x\ t}{1000}\right)(\mathbf{10})$$

$$Pf = 360\ (1 + \frac{20\ x\ 15}{1000})$$

$$Pf = 468$$

**Ecuación 11.** Caudal

$$Qd = \frac{Población\ x\ Dotación}{1000}\ x\ \%\ Contribución \quad (\mathbf{11})$$

$$Qd = \frac{468\ \ x\ 100}{1000}\ x\ 80\%$$

$$Qd = 37.44\ m^3/día$$

$$Qd = 1.56\ \ m^3/hora$$

**4.1.3.2. Diseño del sedimentador**

**Ecuación 12.** Área del sedimentador (As en $m^2$)

$$As = \frac{Qd}{Cs}(\mathbf{12})$$

**Ecuación 13.**Carga superficial

$$Cs = \frac{1m^3}{m^2 x\ h}(\mathbf{13})$$

$$As = \frac{1.56\ m^3/hora}{1 m^3/m^2 hora}$$

$$As = 1.56\ m^2$$

*Período de retención hidráulico (R)*

*R* = Período de retención hidráulico entre 1.5 a 2.5 horas (recomendable 2 horas).

$$R = 2\ horas$$

**Ecuación 14.** Volumen del sedimentador (Vs, en $m^3$)

$$Vs = Qd\ x\ R \quad (\mathbf{14})$$

$$Vs = 1.56\ x\ 2$$

$$Vs = 3.12\ m^3$$

El fondo del tanque se consideró de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal de 50° a 60°.

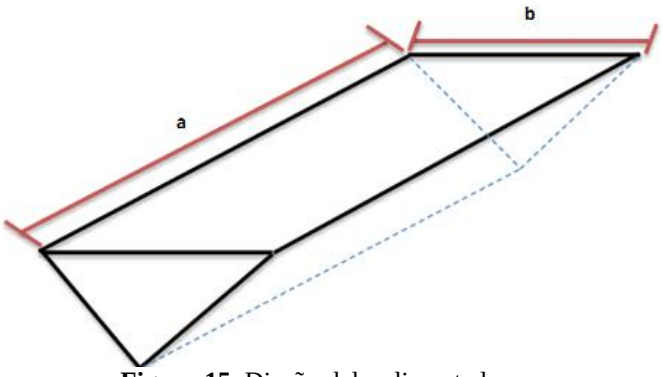



**Figura 15**. Diseño del sedimentador
**Fuente**: http://es.scribd.com/doc/101719328/diseno-fosa-septica-e-imhoff-httpwww-bvsde-paho-orgtecaprodocumentossanea163esp-diseno-TI-pdf

**Ecuación 15.** Relación entre Longitud y Ancho del sedimentador es igual a 4

$$\frac{a}{b} = 4 \quad (\mathbf{15})$$

$$a = 4b$$

**Ecuación 16.** Área superior del sedimentador

$$Área = a\ x\ b$$

$$Área = 4b\ x\ b = 4b^2$$

$$b = \sqrt{\frac{Área}{4}}$$

$$b = 0.62\ m$$

$$Aproximando\ a\ 0.65$$

$$a = 2.48\ m$$

$$Aproximamos\ a\ 2.5\ m$$

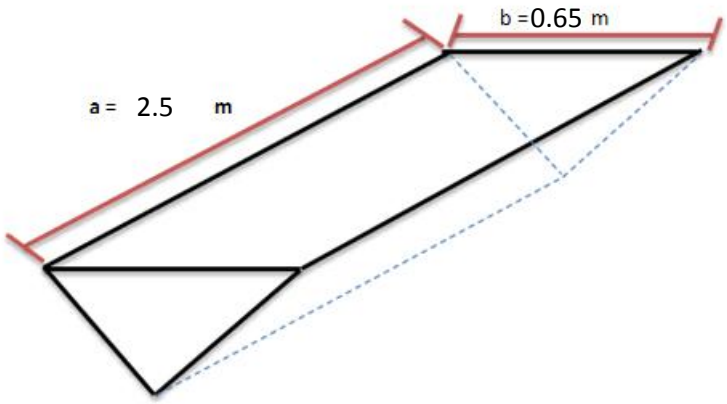



**Figura 16.** Dimensionamiento del sedimentador.
**Fuente:**http://es.scribd.com/doc/101719328/diseno-fosa-septica-e-imhoff-httpwww-bvsde-paho-orgtecaprodocumentossanea163esp-diseno-TI-pdf

En la arista central se dejó una abertura de 0,15 a 0,20 m para paso de los sólidos removidos hacia el digestor. Uno de sus lados se prolonga de 15 a 20 cm, impidiendo el paso de gases y sólidos desprendidos del digestor hacia el sedimentador.

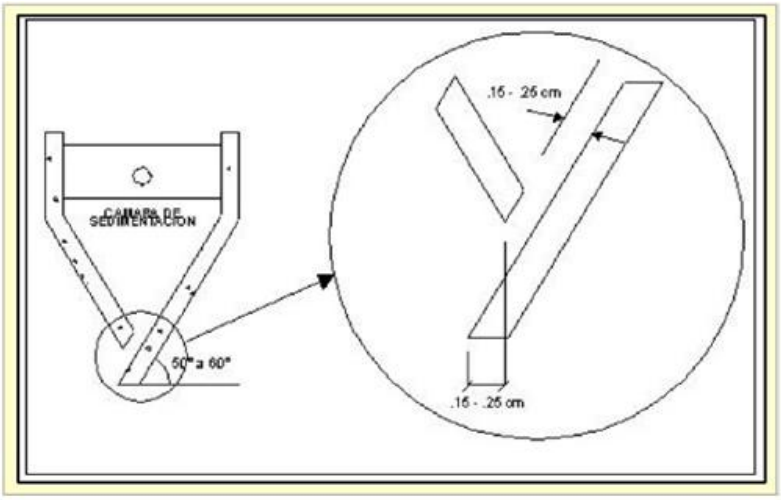



**Figura 17**. Arista central del sedimentador.
**Fuente**: http://es.scribd.com/doc/101719328/diseno-fosa-septica-e-imhoff-httpwww-bvsde-paho-orgtecaprodocumentossanea163esp-diseno-TI-pdf

*Cálculo de alturas de la cámara de sedimentación*

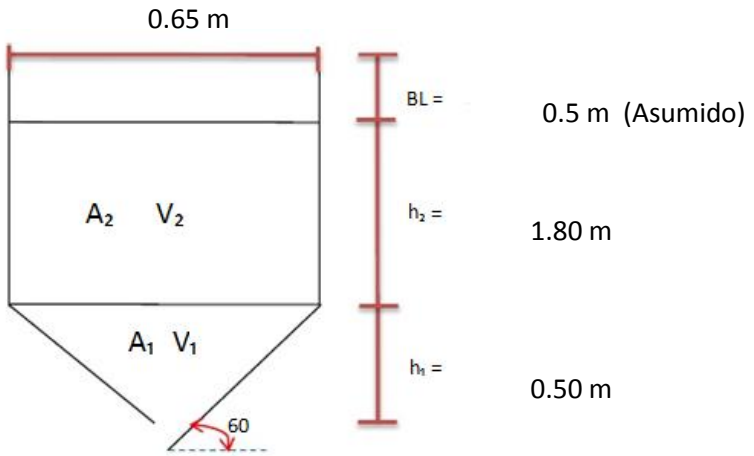



**Figura 18**. Cálculo de las alturas de la cámara de sedimentación
**Fuente**: http://es.scribd.com/doc/101719328/diseno-fosa-septica-e-imhoff-httpwww-bvsde-paho-orgtecaprodocumentossanea163esp-diseno-TI-pdf

| | | |
|---|---|---|
| V = | 3.12 | $m^3$ |
| a = | 2.48 | m |
| b = | 0.62 | m |

**Tabla 17.** Datos del sedimentador.
**Realizado por:** Alexandra Garcés, 2012.

De la tabla 17 deducimos:

$$tg60° = \frac{h1}{b/2} \boldsymbol{Ec.}\ (\mathbf{17})$$

$$tg60°\ x\ \frac{b}{2} = h1$$

$$h1 = 0.54\ m$$

$$Aproximando\ a\ 0.50m$$

$$V1 = A1\ x\ a \quad \boldsymbol{Ec.}\ (\mathbf{18})$$

$$V1 = \frac{b\ x\ h1}{2}\ x\ a$$

$$V1 = 0.42m^3$$

$$Aproximando\ a\ 0.45m$$

$$V1 = h_2\ x\ a\ x\ b \quad \boldsymbol{Ec.}\ (\mathbf{19})$$

$$h_2 = \frac{v - v1}{a\ x\ b}$$

$$h_2 = 1.76\ m$$

$$Aproximando\ a\ 1.80m$$

**Ecuación 20.** Volumen de almacenamiento y digestión (Vd, en $m^3$)

| Temperatura °C | Factor de Capacidad Relativa (fcr) |
|---|---|
| 5 | 2 |

**Tabla 18.** Factor de capacidad relativa.
**Fuente**: http://es.scribd.com/doc/101719328/diseno-fosa-septica-e-imhoff-httpwww-bvsde-paho-orgtecaprodocumentossanea163esp-diseno-TI-pdf

$$Vd = \frac{70\ x\ P\ x\ f\ cr}{1000}\ (\mathbf{20})$$

Donde:

fcr: Factor de capacidad relativa, 2
P = Población
Temperatura = 5°C

$$Vd = \frac{70\ x\ 360\ x\ 2}{1000}$$

$$Vd = 50.4\, m^3$$

*Área de ventilación y cámara de natas*

Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y el sedimentador se tomó en cuenta:

- El espacio libre de 1,0 m como mínimo
- La superficie libre total de por lo menos 30% de la superficie del tanque
- El borde libre como mínimo 0.30 cm.

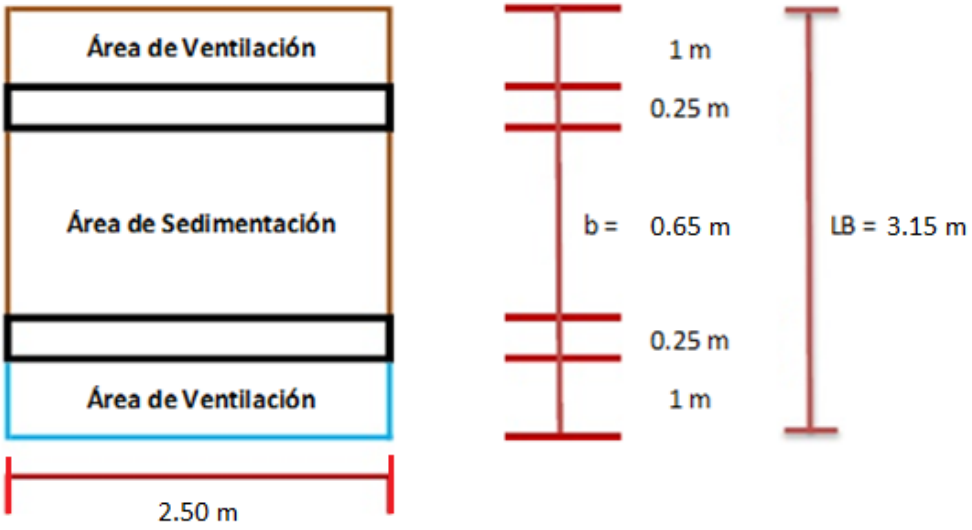



**Figura 19.** Dimensionamiento del tanque
**Fuente**: http://es.scribd.com/doc/101719328/diseno-fosa-septica-e-imhoff-httpwww-bvsde-paho-orgtecaprodocumentossanea163esp-diseno-TI-pdf

- El fondo de la cámara de digestión tiene la forma de un tronco de pirámide invertida (tolva de lodos), para facilitar el retiro de lodos digeridos
- Las paredes laterales de esta tolva tienen una inclinación de 15° a 30° con respecto a la horizontal.
- La altura máxima de los lodos está 0.5m por debajo del fondo del sedimentador.

**Ecuación 21.**Área superficial

$$Área\ Superficial = a\ x\ LB \quad (21)$$

$$Área\ Superficial = 7.88\ m^2$$

$$Área\ de\ ventilación\ (Av) = 5\ m^2$$

Se verificó que el área de ventilación es mayor del 30% del área total del tanque

**Ecuación 22.** Verificación

$$\frac{Av}{A\ superficial} = 63.5\ \% \qquad Cumple \quad (22)$$

*Cálculo de alturas con respecto al digestor (se tomó en cuenta el cambio de ángulo)*

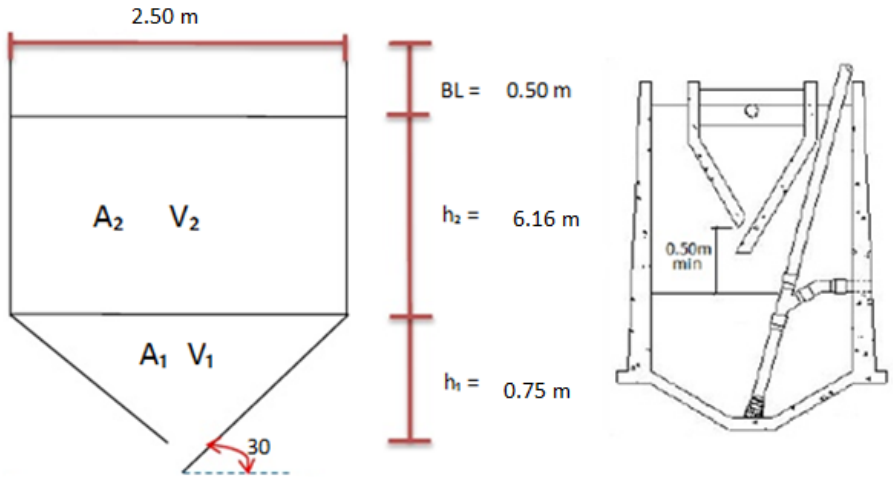



**Figura 20**. Cálculo de las alturas del digestor.
**Fuente**: http://es.scribd.com/doc/101719328/diseno-fosa-septica-e-imhoff-httpwww-bvsde-paho-orgtecaprodocumentossanea163esp-diseno-TI-pdf

| | | |
|---|---|---|
| V = | 50.4 | $m^3$ |
| a = | 3.15 | m |
| b = | 2.50 | m |

**Tabla** 19. Datos de digestor.
**Realizado por**: Alexandra Garcés, 2012.

$$tg30° = \frac{h1}{b/2} \boldsymbol{Ec.(23)}$$

$$tg30° \; x \; \frac{b}{2} = h1$$

$$h1 = 0.72 \; m$$

$$Aproximamos \; a \; 0.75m$$

$$V1 = A1 \; x \; a \quad \boldsymbol{Ec.(24)}$$

$$V1 = \frac{b \; x \; h1}{3} \; x \; a$$

$$V1 = 1.89 \; m^3$$

$$Aproximamos \; a \; 1.90m^3$$

$$V2 = h_2 \; x \; a \; x \; b \quad \boldsymbol{Ec.(25)}$$

$$h_2 = \frac{v - v1}{a \; x \; b}$$

$$h_2 = 6.16 \; m$$

Siguiendo todos los pasos para el diseño de un tanque séptico Imhoff se obtuvieron las medidas expuestas. Todos los datos dependen del caudal que se tome al iniciar los cálculos, así, la contabilización del número de personas fue esencial para este dato. Además, se puede distinguir claramente que la construcción de dicho tanque es sencilla, siendo una excelente opción de tratamiento para las condiciones en las que está ubicado.

El diseño de la planta de tratamiento, con separación para la fase de sedimentación y digestión, mejorará el efluente a la salida del tanque. Además, es importante mencionar que las personas que se encargarán de la fosa séptica son los empleados del refugio, con poco o ningún conocimiento al respecto, lo que facilita su mantenimiento debido a las condiciones sencillas de operación.

Al estar enterrado, el tanque mantendrá las condiciones necesarias para el proceso de degradación de la materia orgánica en el interior, sin embargo, es muy importante que se impermeabilice la tubería desde el lugar de riego de los desechos, hasta la plata de tratamiento de los mismos.

### 4.1.4. Resultados de análisis de agua de consumo.

Luego de analizar tres muestras de agua, dos de la cisterna de agua de consumo, y una del agua para la limpieza de los baños, se obtuvo lo siguiente:

- No hubo crecimiento de coliformes totales en caldo lauril sulfato
- No hubo crecimiento de coliformes totales en caldo Endo.
- No existió presencia de gas en los tubos Durham.

**Imagen 31**. Tubos de ensayo de las cisternas de agua
A la derecha, aguas de consumo. A la izquierda, tubos en la gradilla.
**Foto**: Alexandra Garcés, 2012.

**Imagen 32.**Resultado muestras de agua.
A la derecha aguas de consumo, a la izquierda agua de limpieza.
**Foto**: Alexandra Garcés, 2012.

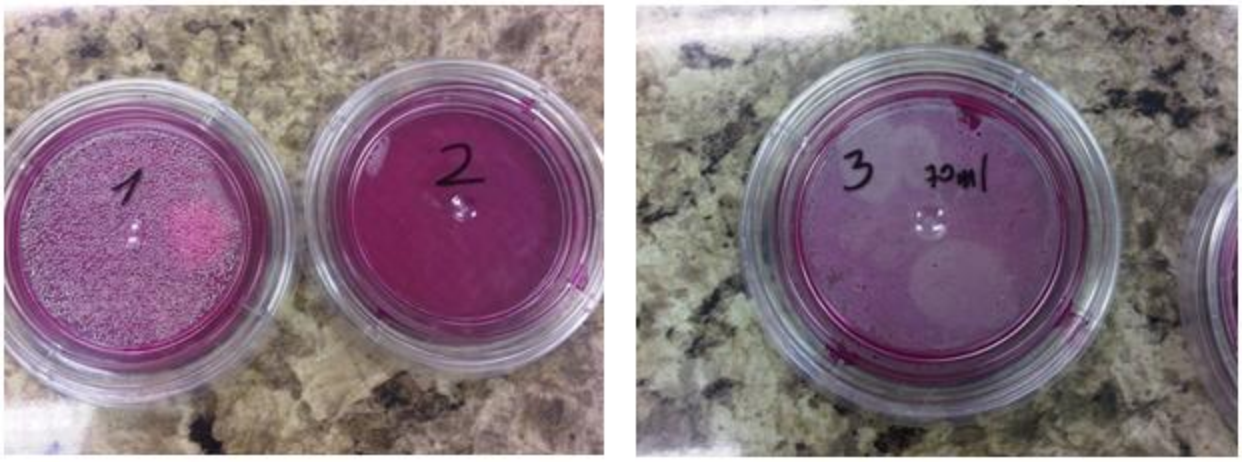



**Imagen 33**. Resultados Caldo Endo.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

De acuerdo a las pruebas realizadas en laboratorio, no existen coliformes totales tanto en el agua destinada al consumo como a la limpieza. A pesar de estar almacenadas en cisternas, la fuente de donde proviene el agua, el glaciar, es limpia. Además, en su recorrido hacia el refugio, no tiene contacto alguno con fuentes de contaminación pues realiza directamente el trayecto de la fuente hasta su almacenaje.

La temperatura a la que se almacena el agua es baja, lo que produce un factor de inhibición para el crecimiento de muchos microrganismos que tienen sus condiciones optimas más elevadas, como el caso de las coliformes totales, que tienen una temperatura óptima de crecimiento a los 37°C.

### 4.1.5. Muestreo de suelo

- Se presenció crecimiento bacteriano tanto en el Agar Nutritivo como en el Sabouraud.
- Se tuvo presencia de hongos en el medio Sabouraud.
- Existió un gran crecimiento de bacterias en las cajas de Agar Nutritivo puestas en la refrigeradora.
- Existió crecimiento de bacterias en Agar Nutritivo a 35°C en la incubadora.
- Se tuvo una mayor presencia de bacterias en medio frío, que en la incubadora a 35 °C.

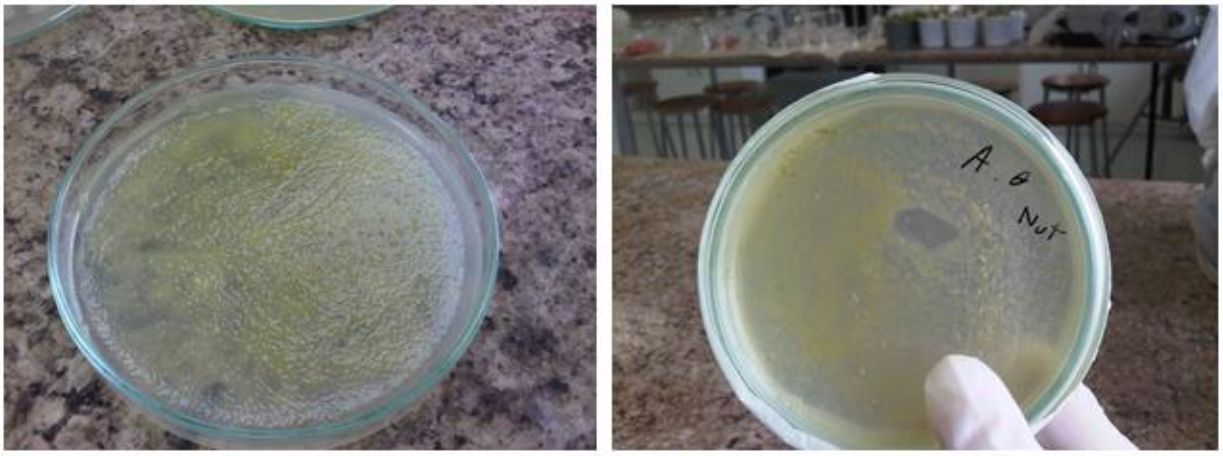



**Imagen 34.** Crecimiento de bacterias en Agar Nutritivo en la refrigeradora.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

**Imagen 35.** Crecimiento de bacterias en Agar Nutritivo a baja temperatura.
**Foto**: Alexandra Garcés, 2012.

**Imagen 36**. Crecimiento de hongos a baja temperatura.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

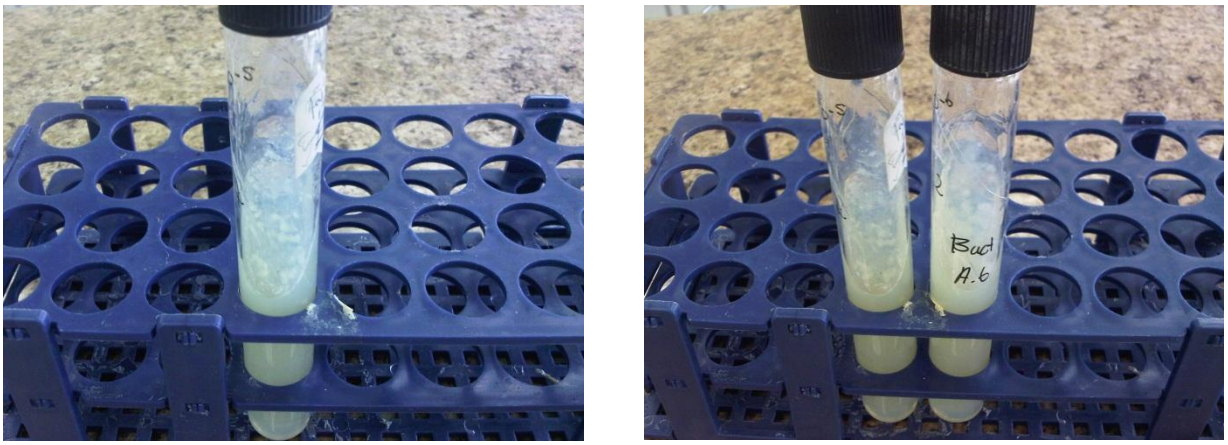



**Imagen 37.** Crecimiento de bacterias en tubo de ensayo inclinado.
**Foto**: Alexandra Garcés, 2012.

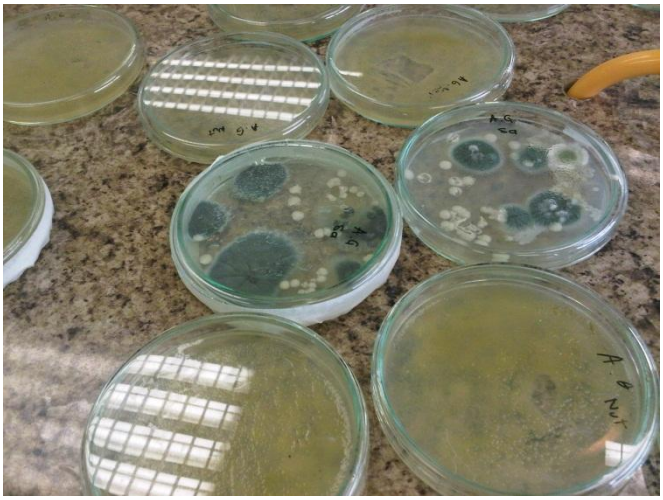


**Imagen 38**. Crecimiento de hongos y bacterias.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

Al contario de lo ocurrido en los análisis de agua de consumo, en las muestras de suelo obtenidas del sitio de riego de las aguas negras si existió crecimiento bacteriano. Las condiciones a las que fueron puestas las cajas Petri para el crecimiento muestran que si existen bacterias psicrofilas en el lugar. Este tipo de microrganismos tiene su crecimiento óptimo a bajas temperaturas, siendo las más apropiadas para la descomposición de materia orgánica en el Refugio.

La existencia de microrganismos capaces de crecer a bajas temperaturas es muy importante para el diseño del tratamiento ya que puede funcionar una degradación a esas condiciones. Los residuos de los que se hicieron los análisis son los mismos que estarían destinados a la planta de tratamiento metros abajo. Al obtener mayor crecimiento bacteriano en cajas puestas en la refrigeradora, que las que estaban en la incubadora, se muestra claramente que las bacterias existentes en el lugar resisten mejor bajas temperaturas.

El crecimiento de hongos pudo haber sido por una contaminación ambiental de las incubadoras en las que se almacenaron ya que las demás cajas de diferentes proyectos presentaron los mismos resultados. Además, a simple vista se puede identificar que el hongo existente es un indicador de contaminación ambiental.

## 4.2 Residuos sólidos

### 4.2.1. Número de sacos de residuos sólidos generados al año.

| Mes | Cantidad N° Sacos |
|---|---|
| Enero | 68 |
| Febrero | 50 |
| Marzo | 35 |
| Abril | 25 |
| Mayo | 20 |
| Junio | 24 |
| Julio | 60 |
| Agosto | 65 |
| Septiembre | 45 |
| Octubre | 45 |
| Noviembre | 45 |
| Diciembre | 80 |
| TOTAL | 562 |

**Tabla 20.** Generación de sacos de residuos sólidos generados al año.
**Fuente:** Administración Refugio, 2012.

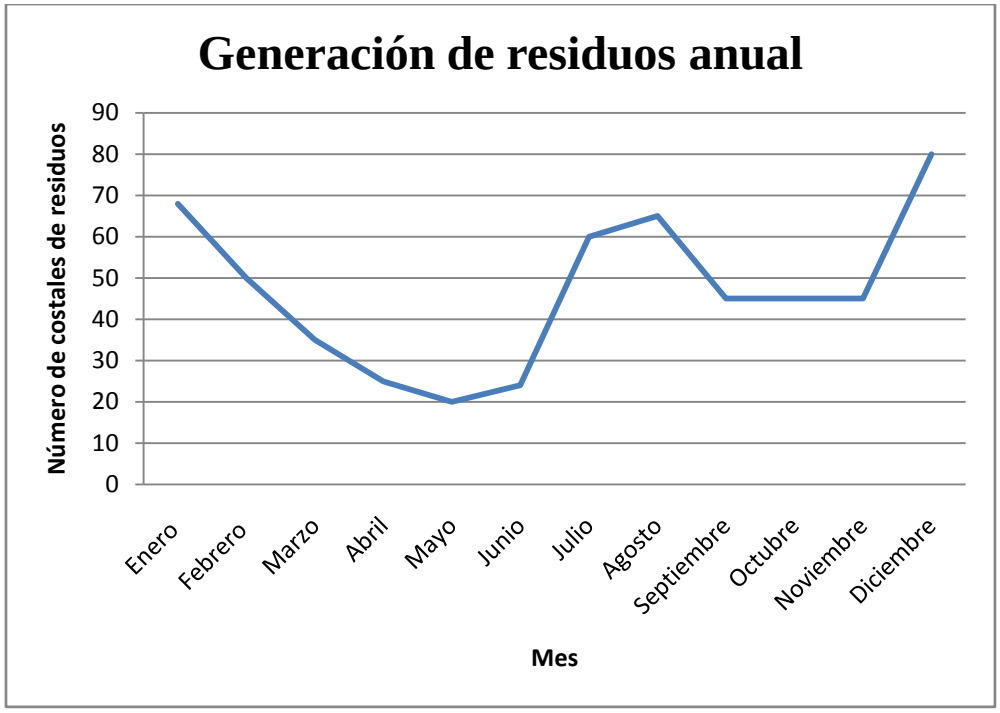



**Figura 21**. Generación de residuos al año.
**Realizado por:** Administración Refugio, 2012.

En la Figura 22 se observa claramente la tendencia de la generación de residuos, aumentado en los meses de Mayo a Agosto y de Noviembre a Diciembre, teniendo el mismo comportamiento en la primera parte que la Figura 15, en la que se detalló el número de personas que duermen en el Refugio. La cantidad de desechos aumenta con la cantidad de personas que pernoctan en el lugar. Estos meses corresponden a la mejor época para escalar la montana, según Jarrín, andinista del Colegio San Gabriel.

El mes de mayor producción de desechos en el Refugio es Diciembre, mientras que el menor corresponde a Mayo.

Además, los meses en lo que se presenta el crecimiento de desechos en la curva, representan también los meses de vacación en la región Sierra, donde se ubica la montaña. Esto implica que la generación de residuos sólidos en estos meses estará influenciada por el número de turistas que lleguen al lugar.

### 4.2.2. Separación de residuos sólidos

Fecha: Tercera semana de Marzo, del 12 al 18.

| Semana | Plástico kg | Común kg | Total |
|---|---|---|---|
| 12-18 Marzo | 25 | 47 | 72 |

**Tabla 21**. Separación de residuos sólidos.
**Realizado por:** Alexandra Garcés, 2012.

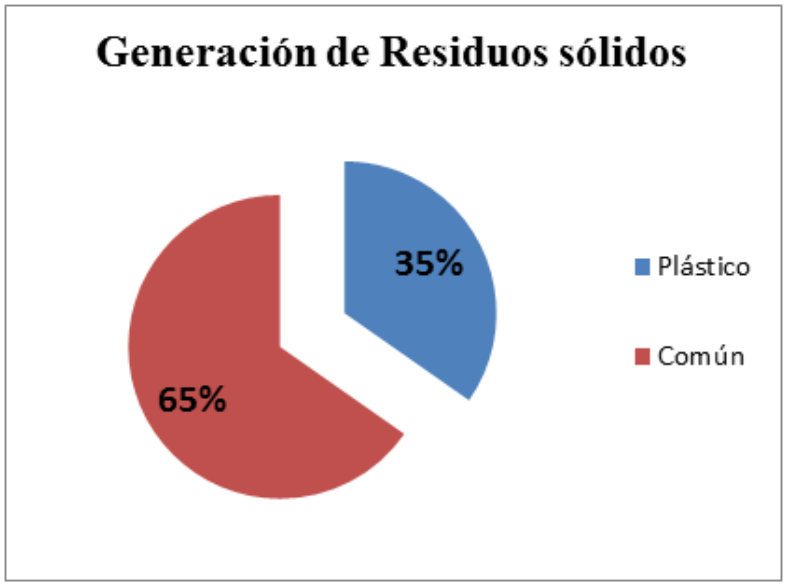



**Figura 22**. Separación de residuos sólidos.
**Realizado por:** Alexandra Garcés, 2012.

De la separación de los desechos realizada en la semana del 12 al 18 de Marzo, se obtuvo 65% de residuos comunes y 35% de botellas plásticas, correspondientes a 25 kg. Para esto, se pidió al personal del refugio que se comprometieran a diferenciar los residuos en su generación, ya que entre semana no se podía llegar al lugar a contabilizarlo personalmente. Existieron inconvenientes ya que las dos personas a cargo de la actividad no se involucraron completamente pues tenían otras actividades como prioridad.

### 4.2.3. Caracterización de la los desechos.

Peso Total de la Funda: 9kg

| Tipo de Residuo | kg |
|---|---|
| Botellas Plástico | 4 |
| Fundas Plásticas | 2 |
| Cartón | 1,5 |
| Comida Enlatada | 1 |
| Otros | 0,5 |

**Tabla 22.** Caracterización de residuos.
**Realizado por:** Alexandra Garcés, 2012.

El mayor aporte en la generación de residuos son las Botellas plásticas, ocupando el segundo lugar las fundas plásticas. En tercer puesto están los residuos de cartón y por último se encuentran los residuos de comida enlatada.

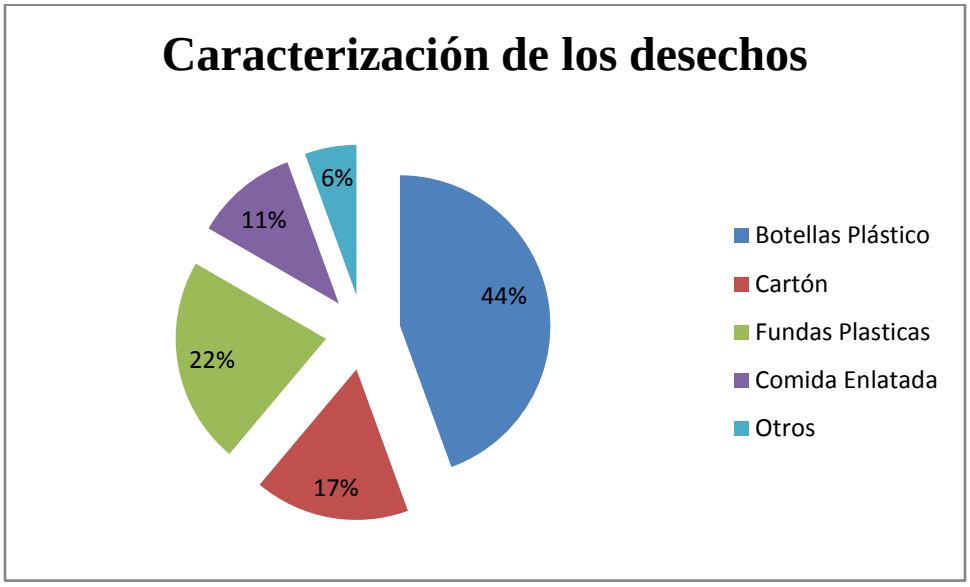



**Figura 23.**Caracterización de los desechos en porcentaje.
**Realizado por:** Alexandra Garcés, 2012.

De una funda escogida aleatoriamente, el 44% son botellas de plástico, siendo el principal aporte a la generación de desechos. Este resultado se refleja en el Refugio pues generalmente, todo el

que sube lleva agua en botellas plásticas, dejándolas en el lugar cuando se acaban. Además, el restaurante ofrece venta de bebidas cuyos recipientes quedan como desechos cuando son consumidas.

**Imagen 39**. Botella de plásticos.
**Foto**: Alexandra Garcés, 2012.

El segundo residuo son las fundas plásticas, generadas por el servicio de restaurante. La comida ofrecida viene en empaques plásticos ya que no es comida fresca, sino debe mantenerse almacenada por algunos días debido a la poca accesibilidad al lugar.

**Imagen 40**. Fundas plásticas.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

El tercer desecho considerable del lugar es el cartón, proveniente en su mayoría de los vasos de cartón en los que se sirven el café y chocolate caliente en el restaurante. Cada vez que se sirve una de estas bebidas se utiliza un nuevo recipiente, el cual posteriormente es considerado como desecho.

**Imagen 41**. Cartón generado en el Refugio.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

Por último, se encuentran los enlatados, los que a pesar de estar en menor cantidad, representan un grupo importante en la generación de desechos. Al igual que las fundas plásticas, estos elementos constituyen un importante insumo en la cocina pues la comida generalmente debe almacenarse por largos períodos de tiempo.

**Imagen 42**. Enlatados.
**Foto**: Alexandra Garcés, 2012.

En los residuos caracterizados, se encontraron también pedazos de papel higiénico, restos de frutas, empaques de té, entre otros.

**Imagen 43**. Otros residuos.
**Foto:** Alexandra Garcés, 2012.

### 4.2.4. Gestión de residuos sólidos

Se empezará una campaña de "Retorna tus desechos", en la cual cada persona debe regresar todos los residuos que generó en el Refugio. Para esto, se pedirá el apoyo al Ministerio del Ambiente para que sea requisito de salida del Parque mostrar la funda con los residuos generados dentro del mismo.Se implementará una campaña visual, con posters y banners tanto en el parqueadero como dentro de las instalaciones del Refugio, con información a cerca del manejo de los residuos.

Dentro del Refugio José F. Ribas se implementará un sistema de separación de residuos para las botellas de plástico. Además, se controlará de manera rigurosa a los grupos de Andinistas que vayan a pasar la noche y no contraten el servicio de alimentación del Refugio, siendo una obligación el retorno de sus desechos. También, se implementará un programa de cuantificación de residuos para llevar un control de la cantidad generada, pudiendo comprobar su reducción.

El personal del Refugio es clave para el manejo de los residuos de manera correcta, por lo que se realizará una capacitación del personal del Refugio para el Manejo de Residuos Sólidos no Peligrosos. La actual administración del lugar debe brindar equipo suficiente para la separación

de residuos orgánicos generados en la cocina del restaurante, lo mismo para la cocina abierta al público.

## 4.3 Energía

### 4.3.1. Determinación del número de paneles solares requeridos

| Artefacto | Cantidad | Potencia W | Uso Horas/día | Energía W/h/ día |
|---|---|---|---|---|
| Focos | 27 | 15 | 3 | 1215 |
| Radio | 1 | 14 | 12 | 168 |
| Televisión Pequeña | 1 | 90 | 1 | 90 |
| Cargador de Celular | 2 | 8 | 1 | 16 |
| Computadora | 1 | 65 | 2 | 130 |
| **TOTAL** | | | | 1619 |

**Tabla 23.** Consumo Energético diario.
**Realizado por:** Alexandra Garcés, 2012.

El mayor aporte dentro del consumo energético son los focos, que a pesar de tener poco voltaje, el número de luminarias hace representativo el consumo. Los demás artefactos, radio, televisión, cargador de celular y computadora, son simplemente extras que mejoran la calidad de vida del personal del refugio. Actualmente, no existe computadora en el lugar, sin embargo se contabilizó dentro del inventario para su posible uso.

El segundo valor ocupa el consumo por la radio, la que permanece prendida en la cocina todo el día y es de uso únicamente del personal el refugio.

Se planteó la utilización de cocinas y calefactores eléctricos remplazando los tanques de gas utilizados, sin embargo no se encontró efectivo esto pues su consumo de energía es muy elevado. El inventario energético se detalla en la Tabla 24.

| Artefacto | Cantidad | Potencia W | Uso Horas/día | Energía W/h/ día |
|---|---|---|---|---|
| Focos | 27 | 15 | 3 | 1215 |
| Radio | 1 | 14 | 12 | 168 |
| Televisión Pequeña | 1 | 90 | 1 | 90 |
| Cargador de Celular | 2 | 8 | 1 | 16 |
| Computadora | 1 | 65 | 2 | 130 |
| Calefactores | 6 | 1500 | 10 | 90000 |
| Cocina eléctrica | 2 | 4800 | 13 | 124800 |
| **TOTAL** | | | | 216419 |

**Tabla 24.** Consumo energético considerando calefactores y cocinas eléctricas.
**Realizado por**: Alexandra Garcés, 2012.

Es claro que el consumo energético aumenta extraordinariamente, siendo 133,7 veces mayor que el actual. El cálculo de los paneles se realizó de acuerdo a los resultados de la Tabla 23.

El consumo total de energía diario del Refugio José F. Ribas es de 1619 W/h/día. **A1**

**A2** La tensión CD del Panel, en este caso 12V.

**A3**Carga de la Corriente, viene dado por la función:

$$P = \text{V x I} \quad \text{Ecuación } \mathbf{(8)}$$

Donde:

P es la Potencia del equipo, en Watts.

V es el valor de la tensión, voltaje, en Voltios.

I es la intensidad de la corriente, en Amperios.

$$\text{Por lo que:} \quad I = \text{P / V} \quad \text{Ecuación } \mathbf{(9)}$$

$$P = 1619 \frac{Wh}{día}$$

$$V = 12\ Voltios$$

Por lo que:

$$A = 135\ Ah$$

**A4**Se multiplica por el factor de seguridad 20% (para compensar las pérdidas en las baterías y otros componentes), siendo 1,2 (CONELEC, 2008).

**A5**Carga diaria corriente corregida (A4*A3).

$$A = 135\ Ah\ x\ 1{,}2$$

$$A = 162\ A\text{h}$$

**A6**Promedio de horas de sol por día.

**A6** Horas de sol diarias: 3 horas.

Se tomaron datos de heliofanía de la estación Cotopaxi-Clirsen, ubicada a 3500 m.s.n.m. y con las siguientes coordenadas geográficas:

| Latitud | Longitud |
|---|---|
| 0° 37" 24´ | 78° 34" 53' |

**Tabla 25.** Coordenadas de La estación Cotopaxi Clirsen.
**Fuente:** INAMHI, 2012.

Se tomó en cuenta el valor promedio de heliofanía mensual desde el año 1978 hasta el 2010 y se dividió para 31 y así tener el valor medio diario.

$$Horas\ de\ sol\ = \frac{104.5}{31} h$$

$$Horas\ de\ sol = 3.37\ h$$

**A7**Amperaje que el sistema tendrá que producir (A5/A6)

$$A = 162\frac{Ah}{3h}$$

$$Amperaje\ del\ sistema = 54\ A$$

***Cálculo del número de paneles***

**B1** Amperaje máximo del módulo solar seleccionado (según las especificaciones del fabricante).

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{135\ W}{12V}$$

$$I = 11{,}25\ A$$

**B2**Cálculo del número de paneles, Amperaje que necesito para Amperaje del panel (A7/B1).

$$\text{Número depaneles} = \frac{\text{Amperajedelsistema}}{\text{Amperajedelospaneles}}$$

$$Número\ de\ paneles = 4{,}8$$

$$\boldsymbol{Número\ de\ paneles = 5}$$

El número de paneles depende de tres factores específicamente. De las características del mismo, de las horas de sol directo que recibe, y del consumo del sistema. En este caso se tomo un panel con una eficiencia sobre el 15,3% y 3 horas de sol como resultado del promedio de la heliofanía diaria. Las condiciones en las que se dimensionan los sistemas fotovoltaicos son tomando en cuenta los peores escenarios pues se debe preveerpara días con pocas horas de sol. Es importante mencionar que existen días en los que la heliofanía en el lugar es mucho mayor, llegando incluso a datos de 10,9 horas de sol directo.

***Cálculo del número de baterías***

**C1**Carga total diaria (A5)

*Carga diaria 162 Ah*

**C2** Días de reserva (tiempo que el sistema tiene que estar funcionando sin sol)

Se tomaron datos de heliofanía diaria del INAMHI. Se contaron los días seguidos con horas de sol directo menores a 3. Se tomaron los datos desde el 2001 al 2010 y se hizo un promedio de los datos obtenidos, teniendo como resultado una reserva de 4 días seguidos sin sol.

**C2** 4 días

**C3** Capacidad nominal del banco de baterías (C1*C2)

Capacidad Nominal del banco de baterías 648 Ah

**C4**Factor de profundidad de descarga (generalmente 80%), significa que siempre se deja un 20% de reserva en las baterías[4]

**C5**Capacidad corregida del banco de baterías

$$\frac{648Ah}{0{,}8} = 810Ah$$

**C6**Capacidad nominal de batería 115 Ah[5].

**C7**Número de baterías

$$\frac{810Ah}{115Ah} = 7{,}04$$

**7 baterías**

Se debe colocar un regulador e inversor para que el sistema fotovoltaico funcione correctamente.

[4] http://www.electricidad-gratuita.com/bateria_solar_conceptos.html
[5] Renova energía, especificaciones técnicas.

Las baterías, al igual que los paneles, se diseñan en los peores escenarios para sobredimensionar el sistema y que no falle en días con pocas horas de sol. En este caso, el número de baterías depende esencialmente de cuanto tiempo quiero almacenar energía en días sin sol. Para este cálculo se contabilizó el número de días sin sol seguidos, con un promedio de 4, siendo el rango aconsejado de 3 a 5 días.

Los datos del INAMHI indican que existen días seguidos con horas de sol directo menores a tres, sin embargo, también se presentan datos en donde ocurre lo contrario. Para estas variaciones se debe colocar el regulador de carga, así la corriente que pasa a las baterías será constante, aumentando los años de vida de las mismas.

**Imagen 44.** Vista Oeste del Refugio del Cotopaxi.
**Foto:** Roberto Madera, 2012.

Los paneles solares se colocarán en el techo del refugio, como se indica en la Imagen 40. Los dos lados de la construcción pueden ser utilizados como base para los módulos fotovoltaicos.

### 4.3.3. Contaminación por las fuentes de combustión.

| | Bep | Tep | Tec | Tcal | TJ | $10^3$ Btu | MWh | kg GLP | $m^3$ Gas Nat. | pc Gas Nat. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bep | 1 | 0.13878 | 0.1982593 | 0.00139 | 0.00581 | 5524.86 | 1.6139445 | 131.0616 | 167.207304 | 5917.15976 |
| Tep | 7.205649 | 1 | 1.4285868 | 0.01 | 0.04184 | 39810.22 | 11.629517 | 944.38388 | 1204.83714 | 42636.9763 |
| Tec | 5.04390 | 0.6999925 | 1 | 0.0070 | 0.0292877 | 27866.85 | 8.14057 | 661.0616 | 843.376919 | 29845.5621 |
| Tcal | 720.5649 | 100 | 142.85868 | 1 | 4.184 | 3981022 | 1162.952 | 94438.388 | 120483.714 | 4263697.6 |
| TJ | 172.21914 | 23.900574 | 34.144044 | 0.2390057 | 1 | 951487 | 277.95214 | 22571.316 | 28796.2988 | 1019048.19 |
| $10^3$ Btu | 0.00018 | 2.51E-05 | 3.59E-05 | 2.51E-07 | 1.05E-06 | 1 | 0.00029 | 0.02372 | 0.030265 | 1.07101 |
| MWh | 0.61960 | 0.08599 | 0.1228 | 0.00086 | 0.0036 | 3423.20 | 1 | 81.20577 | 103.6016 | 3666.27219 |
| kg GLP | 0.00763 | 0.00106 | 0.001513 | 1.06E-05 | 4.43E-05 | 42.154696 | 0.0123144 | 1 | 1.27579173 | 45.147929 |
| $m^3$ Gas Nat. | 0.00598 | 0.00083 | 0.001186 | 8.30E-06 | 3.47E-05 | 33.041989 | 0.0096524 | 0.783827 | 1 | 35.3881657 |
| pc Gas Nat. | 0.00017 | 2.35E-05 | 3.35E-05 | 2.35E-07 | 9.81E-07 | 0.9337017 | 0.0002728 | 0.0221494 | 0.02825803 | 1 |

• 1bbl GLP = 0.6701 Bep • 1bbl = 0.15898 $m^3$ = 5.6143 pc • 1$m^3$ GLP = 552.4 kg • 1pc = 0.028317 $m^3$

**Imagen 45.** Factores de conversión para unidades energéticas comunes de OLADE.
**Fuente**: OLADE, 2004

Según datos de la OLADE, *1 TJ* es igual a*22 571,316 kg de GLP*.

Actualmente, el Refugio José F. Ribas consume 1 tanque de gas diario que contiene 15 kg de GLP, por lo que al mes son 450 kg. Transformando en base a los datos de la Imagen 45, se obtiene 0,199 TJ mensuales, por lo que:

| CONSUMO FINAL DE ENERGIA | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| FACTORES DE EMISIÓN (Kg/TJ de insumo energético) | | | | | | |
| FUENTE | | C02 | CO | NOX | CH4 | PARTICULAS |
| | | kg/Tj | kg/Tj | kg/Tj | kg/Tj | kg/Tj |
| SIEE | GLP | 980,075 | 0,199 | 0,8159 | 0,0796 | 0,1791 |
| EM | GLP COCINA | 1170,0205 | 1,2935 | 1,6517 | 0,2388 | 0 |
| EDB | GLP COCINA | 1338,6531 | 0,1791 | 0,8756 | 0,0796 | 26,4073 |

**Tabla 26.**Emisiones generadas por GLP.
**Fuente:** OLADE, 2004.

El generador consume 2 galones de Diesel al día, dando un total de 60 galones mensuales.

*1 Galón de Diesel = 0.00014652 TJ*

| FACTORES DE EMISIÓN (Kg/TJ de insumo energético) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FUENTE | | C02 | CO | NOX | CH4 | SOX | Partículas |
| | | kg/Tj | kg/Tj | kg/Tj | kg/Tj | kg/Tj | kg/Tj |
| SIEE | Central genérica | 628,896 | 0,123 | 1,582 | 0,088 | 0,422 | 0,448 |
| EM | Pequeños generadores | 606,813 | 1,987 | 10,602 | 0,044 | 1,538 | 0,000 |

**Tabla 27.** Emisiones generadas por Diesel.
**Fuente:** OLADE, 2004

# CAPITULO 5

# 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1 Conclusiones

- El número de usuarios de las baterías sanitarias no cumple una relación directa con la cantidad de horas contabilizadas, sin embargo mantiene una proporcionalidad directa con las personas que duermen en el refugio.

- La mayoría de turistas llegan al Refugio José F. Ribas los sábados y domingos, siendo las horas de la mañana las de mayor afluencia de turistas. Además, de acuerdo a las cifras manejadas por la administración del Refugio, es mayor el número de extranjeros que pernoctan en el lugar que los nacionales.

- La degradación de la materia orgánica es factible en el lugar a pesar de las condiciones climáticas hostiles que presenta pues se comprobó la existencia de bacterias psicrófilas, las cuales trabajan a bajas temperaturas. Sin embargo, el agua de consumo proveniente del glaciar no presentó coliformes totales, lo que representa que es seguro para la salud humana.

- La generación de desechos está directamente relacionada con el número de personas que pasan la noche en el Refugio, siendo las botellas de plástico el mayor residuo generado.

- No es factible el uso de paneles solares para el funcionamiento de cocinas ni calefactores eléctricos, ya que el número de paneles aumenta considerablemente, sin mencionar su aumento de baterías.

- Se necesitan 5 paneles solares de 135W y 12V y 7 baterías de 115 Ah y 12V.

## 5.2 Recomendaciones

- Es necesario mejorar el sistema de abastecimiento de agua para evitar el cierre de los baños del Refugio y mantener las condiciones higiénicas de los mismos.Se recomienda también colocar baterías sanitarias que ocupen una menor cantidad de agua para evitar el desperdicio de la misma.

- Se deben incorporar en los baños unos respiraderos por donde puedan evacuarse los olores. Además se sugiere colocar a la salida unos lavamanos para el beneficio de los usuarios. Es importante poner información con normas de uso de las baterías sanitarias especificando que está prohibido arrojar papel higiénico en el inodoro.

- Es importante realizar permanente limpieza de las cisternas del Refugio para asegurar las condiciones de calidad de agua de consumo. Además, se debería preveer el almacenamiento de agua para épocas de gran afluencia de turistas.

- Se debe utilizar un desinfectante natural o biodegradable con el fin de preservar los microrganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica. Es recomendable colocar vinagre de frutas a bajas concentraciones.

- Los guías que lleguen con grupos de andinistas deben estar calificados ante el Ministerio del Ambiente y cumplir con las normas del comportamiento en el Refugio.

- Se debe realizar un Estudio de Impacto Ambiental Expost del Refugio José Francisco Ribas para cuantificar los impactos generados por la actividad turística en el lugar, así mismo, se debe controlar que se cumplan el Plan de Manejo Ambiental propuesto.

- Se debe continuar con estudios posteriores de identificación de las bacterias existentes en los residuos fecales provenientes de los baños, ya que se conocerían los requerimientos nutricionales específicos de la bacteria, pudiendo aumentar la degradación de la materia orgánica.

- Se recomienda evaluar diferentes opciones para tratar los lodos provenientes de la fosa séptica Imhoff. Existe gran variedad de métodos como Landfarming, compostaje, Biofertilizante, incineración.

- La calefacción del Refugio se la puede realizar mediante piso radiante, el cual se basa en la utilización de la energía solar térmica. Es importante el mejoramiento de la infraestructura para este tipo de tecnología. Además, para la implementación de paneles solares en el techo del Refugio, se necesita reforzar la estructura de la construcción para que aguante el peso de los mismos.

- Se debería analizar la capacidad de carga del Refugio José F. Ribas para que la cantidad de turistas que lleguen al lugar no afecten al ecosistema, contribuyendo al turismo sostenible, conservando los recursos para que la generación presente y las futuras pueden disfrutar de ellos.

# CAPITULO 6

## 6. BIBLIOGRAFÍA


- Andrade. D. Escuela Politécnica Nacional (Quito, Ecuador). Instituto Geofísico, Institut de recherchepour le développement (France) (2005). Los Peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi. Corporación Editorial Nacional. Quito, Ecuador.

- Coello. F. (1996). Actualización del Plan de Manejo del Parque Nacional Cotopaxi. Quito, Ecuador.

- Constitución Política del Ecuador. (2008).

- Falcón. C. (1990). Manual de Tratamiento de Aguas Negras. México D.F., México: Editorial Limusa.

- Fernández. J. (2009). Tecnología de las Energías Renovables. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

- Fundación Páramo. (2007). Plan de Desarrollo Turístico del Parque Nacional Cotopaxi. Quito, Ecuador

- Hermosillo. J. (1995). Notas sobre el curso de Energía Solar, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente. Jalisco, México.

- Jácome. F. (2009). Guía Interactiva del Parque Nacional Cotopaxi, Ministerio de Turismo del Ecuador.

- Jutglar. L. (2004).Energía Solar. Barcelona, España: Ediciones Ceac.

- Landazuri. F. (1994). Cotopaxi, la montaña de luz.Madrid, España: Campo Abierto Ediciones.

- López. M y López. M. (2008). La capacidad de carga turística: Revisión crítica de un instrumento de medida de sostenibilidad. Revista El Periplo Sustentable. Universidad Autónoma del Estado de México. Páginas 123-150.

- Madrid. A. (2009). Energías renovables, Fundamentos, Tecnologías y Aplicaciones. Madrid, España: AMV Ediciones, Mundi-Prensa.

- Organización Panamericana de la Salud. (2005). Guía para el diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. Disponible en: http://es.scribd.com/doc/101719328/diseno-fosa-septica-e-imhoff-httpwww-bvsde-paho-orgtecaprodocumentossanea163esp-diseno-TI-pdf. Lima, Perú.

- Orozco. C, Pérez. A, Gonzáles. M, Rodríguez. J, Alfayate. J. (2004). Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química, Madrid, España: International Thompson Editores Spain.

- Pérez. M.(2004). Manual de Turismo Sostenible, Cómo conseguir un turismo social, económico y ambientalmente responsable. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (1997). La energía después de Rio: Perspectivas y retos. Resumen Ejecutivo.

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2000).Informe Mundial de Energía, La energía y el reto de la sostenibilidad, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madrid, España.

- Revista Montaña # 27. (2009). Club de Andinismo del Colegio San Gabriel. Quito,Ecuador.

- Romero. J. (1999). Tratamientos de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño. Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

- Seoanez. M. (1995). Aguas Residuales Urbanas, Tratamientos Naturales de Bajo Costo y Aprovechamiento. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

- SunFieldsEurope. (2012). Boletín Solar Fotovoltaica Autónoma. Consulta en línea [20 de Agosto de 2012]. Disponible en: http://www.sfe-solar.com/calculo-sistemas-fotovoltaicos-aislados-autonomos/

- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULAS).

- Universidad Nacional Federico Villareal. UNFV. (2000). Nutrición Bacteriana. Consulta en línea [10 de Abril de 2012]. Disponible en http://es.scribd.com/doc/17103594/1/A-PSICROFILAS-O-CRIOFILAS

- Vera. N. (2005).Atlas climático de irradiación solar a partir de imágenes de satélite NOAA. Aplicación a la Península Ibérica. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Cataluña.

- (2010). Componentes de una Instalación Solar Fotovoltaica. Consulta en línea [20 de Agosto de 2012] Disponible en:http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf.

# 7. ANEXOS

## ANEXO 1. ESPECIFICACIONES DE LOS PANELES SOLARES

tynsolar

# TYN-135P6

High Quality
Poly-Crystalline
Photovoltaic Module

### Feature

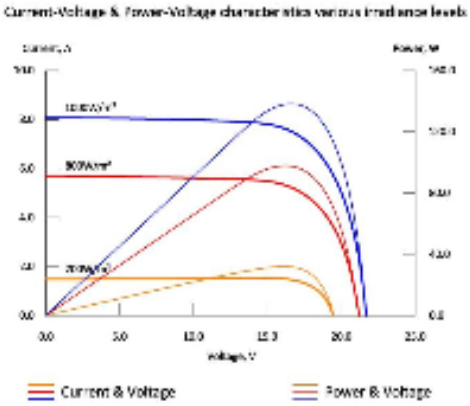
1. Bypass diode minimizes the power drop by shade.
2. The conversion efficiency of solar cell is above 15.3%.
3. White tempered glass, EVA resin, weather proof film and anodized aluminum frame to provide efficient protection from the severest environmental conditions.
4. Waterproof (UL94, V-O ). Perfect for grid applications.
5. Product guarantee 5 years.

### SPECIFICATION

| Type Of Module | TYN-135P6 |
|---|---|
| Maximum Power [W] | 135 |
| Tolerance [%] | Plus |
| Open circuit Voltage [V] | 21.85 |
| Short circuit Current [A] | 8.1 |
| Maximum Power Voltage [V] | 18.22 |
| Maximum Power Current [A] | 7.41 |
| Module Efficiency [%] | 13.78 |
| Solar Cell Efficiency [%] | 15.3 |
| Series Fuse Rating [A] | 15 |
| Terminal Box | IP65 |
| Maximum System Voltage [V] | DC1000 |
| Operating Temperature [°C] | -40 to 85 |

* The measuring uncertainty of Pmax is ≤ ± 2%

## Electrical Characteristics




| Electric Performance Typical Performance Characteristics | | |
|---|---|---|
| Short Circuit Current Temperature Coefficient | mA/℃ | +5.2 |
| Open Circuit Voltage Temperature Coefficient | V/℃ | -0.0772 |
| Maximum Power Temperature Coefficient | %/℃ | -0.4514 |

Performance Warranty：

90%output, 12 Years

80%output, 25 Years

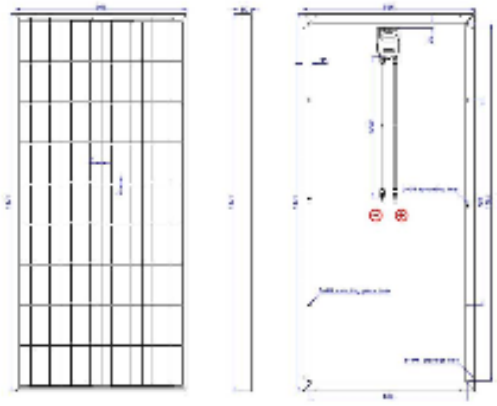
## Quality Assurance

1. Electrical insulation test.
2. Outdoor exposure test.
3. Hot-spot endurance test.
4. UV-exposure.
5. Thermal cycling test.
6. Humidity freeze test
7. Damp heat test.
8. Robustness of terminations test.
9. Wet leakage current test.
10. Mechanical load test.
11. Hail impact test.
12. Bypass diode thermal test.

## Physical Specifications

**Dimension**：
Length：
1471 mm / 57.91 in
Width：
666 mm / 26.22 in
Depth：
50 mm / 1.97 in
Weight：
12 kg / pcs
**Packing**：
10 pcs / carton

**Loading Capacity**：
280 pcs / 20ft container
600 pcs / 40ft container



## Tynsolar Corporation

No.. 620, Sec. 6, Jhonghua Rd., Sianghan District, Hsinchu City 300, Taiwan R.O.C.
Website: http://www.tynsolar.com.tw

Tel : 886-35-181686 Fax: 886-35-181196

## ANEXO 2. ESPECIFICACIONES DE LA BATERÍA.

RENOVAENERGIA S.A.
SOLUCIONES ENERGÉTICAS RENOVABLES

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

#### MODELOS

| |
|---|
| 31CP-115 (12Vdc 115Ah@20) |
| 27CP-90 (12Vdc 90Ah@20) |

BT001

31CP-115 (12Vdc 115Ah@20)

#### TIPO DE BATERÍA

BATERÍAS ESTACIONARIAS
LIBRE DE MANTENIMIENTO
CICLO PROFUNDO
CUBIERTA VRLA (VALVE REGULATED SEALED LEAD ACID)

#### APLICACIONES

FOTOVOLTAICA
UPS

27CP-90 (12Vdc 90Ah@20)

#### TIPO DE ELECTROLITO

ELECTROLITO LIBRE

#### DENSIDAD DEL ELECTROLITO

1,200 – 1,229 gr/lt

#### POLARIDAD

ESTÁ CLARAMENTE MARCADA LA POLARIDAD EN ALTO RELIEVE

#### ESPESOR DE LA PLACA POSITIVA

MÍNIMOS 2,4 (mm)

#### VOLTAJE NOMINAL

12 VDC

#### CAPACIDADES NOMINALES

| | @C20 25ºC 10,8V |
|---|---|
| 31CP-115 (12Vdc 115Ah@20) | 115Ah |
| 27CP-90 (12Vdc 90Ah@20) | 90Ah |

BT001

#### NÚMERO DE CICLOS A 20 ºC

1200 CICLOS 20ºC
700 CICLOS 35ºC

## ANEXO 3. PROFORMA DE LOS EQUIPOS

**www.renova-energia.com**

**PROFORMA DISTRIBUCIÓN**

RENOVAENERGIA S.A.
SOLUCIONES ENERGÉTICAS RENOVABLES

**Fecha:** jueves, 23 de agosto de 2012

**DATOS CLIENTE**

**Proforma:** RNV - OFER - 2450 - 23-08-12

**Cliente o Empresa:** 0 / Sr. Belisario Chiriboga / 0
**Ruc / C.C.:** 0000000000000
**Dirección:** 0, Quito / Ecuador
**Teléfono:** 0 / 0 / 0

**DETALLE DE EQUIPOS Y SERVICIOS**

| Equipos | Código y Modelo | Q | Precio Unitario | SUBTOTAL | 12% IVA | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Paneles** | | | | | | |
| | MD029<br>Tynsolar TYN 135P6, 12 V, 135 W | 6 | $ 345,43 | $ 2.072,58 | $ 248,71 | $ 2.321,29 |
| **Reguladores Dome.** | | | | | | |
| | RD009<br>Phocos CX 12/24V 40/40A, 12 / 24 V, 40 A | 1 | $ 114,69 | $ 114,69 | $ 13,76 | $ 128,45 |
| **Inversores** | | | | | | |
| | IN022<br>Victron Energy Phoenix 24/750 NEMA 5-15R socket PIN024751110, 24V, 750 W | 1 | $ 509,24 | $ 509,24 | $ 61,11 | $ 570,35 |
| **Baterias** | | | | | | |
| | BT036<br>Millenium NARADA 31 - AGM - 100@10Horas, 12V, 100Ah | 4 | $ 262,50 | $ 1.050,00 | $ 126,00 | $ 1.176,00 |
| TOTAL | | | | $ 3.746,51 | $ 449,58 | $ 4.196,09 |

**VALORES DE LA OFERTA**

**CUATRO MIL CIENTO NOVENTA Y SEIS con 09/100**
INCLUYE IMPUESTO AL VALOR AGREGADO IVA

**MONEDAS**

DOLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMÉRICA

**CONDICIONES DE OFERTA**

Esta oferta tiene condición de precio de distribución en:

LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

## ANEXO 4. DATOS DE HELIOFANÍA EFECTIVA MENSUAL

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
UNIDAD ATENCION AL USUARIO

EFECTIVA MENSUAL (Horas)

ENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

CLIRSEN CODIGO: M120

011 LATITUD: 0 37 24.00 S LONGITUD: 78 34 53.00 W ELEVA

| FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | SUMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 99.7 | 102.4 | 73.2 | 125.2 | 112.0 | 111.8 | 176.2 | 100.2 | 159.4 | 143.3 | 105.8 | 1461.5 |
| 129.9 | 48.9 | 42.5 | 66.7 | 119.2 | 129.3 | 137.1 | 99.8 | 156.8 | 163.2 | 150.6 | 1392.5 |
| 105.8 | 81.5 | 93.4 | 58.2 | 102.1 | 118.2 | 147.6 | 89.6 | 70.5 | 95.5 | 112.8 | 1205.4 |
| 56.1 | | 81.5 | 109.9 | 91.0 | 147.0 | | | 127.0 | 112.9 | 96.2 | |
| 79.8 | 72.1 | 68.7 | 59.4 | 90.2 | 119.7 | 174.8 | 93.6 | 46.7 | 95.1 | 58.5 | 1066.5 |
| 64.1 | 31.2 | 37.9 | 54.5 | 100.2 | 118.3 | 103.2 | 123.0 | 101.7 | 134.8 | | |
| | | | | | 109.3 | 139.5 | 84.7 | 130.3 | | | |
| | 155.6 | | | 158.5 | 131.3 | | 110.2 | 160.2 | 171.0 | 133.2 | |
| | 68.5 | 71.4 | | 119.7 | 176.2 | 127.0 | 134.6 | | 116.4 | 118.1 | |
| 106.1 | 92.4 | 63.9 | | | 103.9 | 155.9 | 89.1 | | 112.1 | 123.2 | |
| 89.6 | 92.0 | | | | | | | | | | |
| 92.5 | 113.2 | 63.5 | 98.9 | 89.6 | | 147.7 | | | | 224.5 | |
| 85.7 | 132.6 | 46.1 | 74.4 | 95.5 | 104.4 | 177.3 | 89.5 | 120.6 | 93.1 | 104.8 | |
| 89.0 | 123.9 | 49.5 | 94.5 | 86.1 | 163.1 | 166.4 | 92.5 | | 144.8 | 150.4 | 1424.4 |
| 47.1 | 43.6 | 36.9 | 83.3 | 108.9 | 114.1 | 158.4 | 70.9 | 122.0 | 122.6 | 86.2 | |
| 88.9 | 16.5 | 69.7 | 100.2 | 91.7 | 130.3 | 164.1 | 71.9 | 132.8 | 155.7 | 144.1 | |
| 105.4 | 68.0 | 84.1 | 70.8 | | 144.5 | 219.3 | | 199.7 | 117.1 | 114.9 | |
| 83.1 | 52.4 | 84.9 | 73.5 | 80.9 | 137.6 | 156.1 | 76.5 | 140.4 | 79.2 | 95.7 | 1227.4 |
| 152.8 | 38.2 | 47.1 | 128.6 | 79.6 | 154.8 | 116.7 | 112.5 | 101.9 | 81.1 | 104.8 | 1207.4 |
| 79.5 | 50.7 | 68.1 | 103.5 | 60.2 | 156.7 | | 83.4 | 68.0 | 89.9 | 133.8 | |
| 56.7 | 90.7 | 61.6 | 76.0 | 63.0 | 18.1 | 139.9 | 96.1 | 78.7 | 121.2 | 125.4 | 1152.6 |
| 100.9 | 79.6 | 35.2 | 97.6 | | 150.2 | 147.6 | 86.3 | 142.7 | 86.1 | 67.2 | |
| | | | | | 17.2 | | | | | | |
| 90.1 | 77.7 | 62.0 | 86.7 | 96.9 | 121.7 | 153.0 | 94.6 | 121.1 | 117.6 | 118.4 | 1254.5 |
| 47.1 | 16.5 | 35.2 | 54.5 | 60.2 | 17.2 | 103.2 | 70.9 | 46.7 | 79.2 | 58.5 | |
| 152.8 | 155.6 | 93.4 | 128.6 | 158.5 | 176.2 | 219.3 | 134.6 | 199.7 | 171.0 | 224.5 | |

INAM
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
GESTION DESARROLLO DE LA INFORMACION
ATENCION AL USUARIO
CORTES

## ANEXO 5. HELIOFANÍA DIARIA

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2006 | 7 | 6,43 | 4,62 | 5,33 | 6,75 | 6,28 | 7,17 | 5,83 | 9,75 | 7,23 | 9,72 | 5,87 | 7,45 | 4,7 | 1,03 | 2,83 |
| 2006 | 8 | 4,12 | 0,13 | 10,13 | 9,6 | 7,12 | 4,12 | 3,17 | 5,6 | 6,72 | 8,47 | 6,6 | 9,13 | 10,83 | 7,45 | 4,32 |
| 2006 | 9 | 3,93 | 5,9 | 4,42 | 3,58 | 0,83 | 2,62 | 2,68 | 6,53 | 4,55 | 0,6 | 1,1 | 2,92 | 0,6 | 1,17 | 3,27 |
| 2006 | 10 | 6,65 | 2,32 | 3,85 | 8,58 | 9,05 | 2,7 | 4,6 | 4,27 | 8,48 | 2,48 | | 0 | 1,42 | 0 | 5,17 |
| 2006 | 11 | 4,65 | 4,5 | 4,92 | 2,32 | 2,73 | 3,85 | 2,45 | 2,28 | 1,3 | 0,8 | 0,18 | 2,1 | 0,7 | 0,87 | 0,22 |
| 2006 | 12 | 1,03 | 4,6 | 4,07 | 2,1 | 2,63 | 0,57 | 0,85 | 1,68 | 6,45 | 8,08 | 7,93 | 1,7 | 4,2 | 4,35 | 1,4 |
| 2007 | 1 | 3,22 | 2,45 | 3,58 | 1,25 | 4,1 | 1,22 | 2,75 | 1,58 | 5,02 | 3,5 | 6,68 | 6,42 | 8,5 | 6,33 | 8,5 |
| 2007 | 2 | 4,78 | 7,83 | 5,95 | 4,87 | 8,13 | 8,22 | 9,88 | 8,13 | 5,17 | 2,55 | 7,08 | 6,17 | 3,17 | 9,17 | 5,42 |
| 2007 | 3 | 6,77 | 6,2 | 0,95 | 0 | 0,5 | 0,75 | 0,95 | 0,53 | 0 | 0,33 | 0,33 | | | | |
| 2007 | 4 | 2,03 | 1,5 | | 1,63 | 5,08 | 0,17 | 0,92 | 0,98 | 0 | 2,7 | 2,1 | 6,3 | 1,03 | 2,1 | 2,28 |
| 2007 | 5 | 8,32 | 0 | 5,95 | 0 | 5,48 | 2,7 | 1,38 | 4,73 | 2,58 | 2,95 | 4,32 | 3,05 | 6,25 | 5,83 | 5,47 |
| 2007 | 6 | 0,42 | 1,3 | 0,53 | 2,13 | 3,2 | 1,97 | 1,62 | 3,75 | 3,95 | 5,25 | 2,8 | 0,53 | 1,57 | 1,32 | 0,42 |
| 2007 | 7 | 6,5 | 6,67 | 8,58 | 7,42 | 7,55 | 4,47 | 6,4 | 0 | 3,27 | 6,05 | 6,05 | 8,03 | 5,92 | 3,78 | 1,35 |
| 2007 | 8 | 6,83 | 9,55 | 4,47 | 4,72 | 4,55 | 4,03 | 3,75 | 2,23 | 4,98 | 1,05 | 1,77 | 5,4 | 3,45 | 4,43 | 3,97 |
| 2007 | 9 | 1,47 | 5,55 | 1,77 | 3,07 | 1,83 | 5,47 | 0,63 | 4,67 | 2,07 | 6,5 | 3,78 | 9,47 | 3,42 | 6,33 | |
| 2007 | 10 | 0,6 | 7,23 | 5,08 | 4,08 | 3,47 | 3,42 | 3,25 | 1,42 | 0,25 | 5,08 | 3,8 | 4,5 | 2,6 | 4,45 | 6,58 |
| 2007 | 11 | 1 | 4,38 | 0,47 | 3,33 | 3,17 | 2,22 | | | | | | | 4 | | |
| 2007 | 12 | 5,9 | 5 | 8,27 | 10,95 | 10,8 | 9 | 3,27 | 5,53 | 0,5 | 3,58 | 5,83 | 0,95 | 0,15 | 0,68 | 1,65 |
| 2008 | 1 | 0,67 | 5,6 | 3,15 | 6,18 | 3,28 | 3,7 | 3,18 | 1,37 | 2,83 | 4,55 | 4,35 | 5,87 | 0,67 | 0,77 | 0,5 |
| 2008 | 2 | 5,98 | 9,33 | 4,1 | 3,95 | 7,65 | 6,23 | 8,33 | 4,07 | 3,08 | 4,08 | 3,37 | 2,22 | 2,42 | 0,65 | 3,32 |
| 2008 | 3 | 3,45 | 1,12 | 1,08 | 3,1 | 1,17 | 0 | 2,73 | 1,07 | 1,17 | 2,97 | 1,85 | 0,32 | 0,12 | 0 | 0,42 |
| 2008 | 4 | 2,38 | 3,83 | 7,67 | 2,53 | 4,37 | 4,45 | 0,13 | 3,55 | 1,1 | 0 | 2,3 | 1,23 | 0 | 1,02 | 0 |
| 2008 | 5 | 0 | 1,05 | 0,27 | 1,77 | 5,05 | 5,35 | 6,25 | 7,92 | 1,32 | 2,63 | 3,68 | 2,17 | 4,75 | 1,67 | 4,33 |
| 2008 | 6 | 3,48 | 3,13 | 5,32 | 1,08 | 5,87 | 5,58 | 0,6 | 1,95 | 1,28 | 2,63 | 0,75 | 2,23 | 3,43 | 0,62 | 1,25 |
| 2008 | 7 | 0,83 | 1,15 | 3,4 | 1,23 | 5,28 | 6,15 | 0 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2008 | 9 | 2,98 | 3,03 | 0,83 | | 0,5 | 5,92 | | 0,83 | 3 | 1,48 | 7,42 | 9,08 | 5,05 | 1,65 | 0 |
| 2008 | 10 | 5,18 | | 6,37 | | 4,13 | 1,9 | | 5,12 | | 5,68 | | 2,02 | 1,55 | | 2,33 |
| 2008 | 11 | | 0 | 0,08 | 0,17 | 0,5 | 3,63 | 7,3 | 7,18 | 0 | 5,43 | 1 | 0 | 2,58 | 0,08 | 5,73 |
| 2008 | 12 | 0,53 | 0,08 | 4,38 | 6,55 | 6,8 | 3,5 | 2,75 | 4,03 | 3,6 | 5,3 | 3,65 | 5,12 | 0,47 | 2,67 | 4,32 |
| 2009 | 1 | 2,3 | 0,08 | 5,95 | 3,03 | 0,17 | 3,08 | 2,12 | 0,25 | 0 | 1,83 | 1,58 | 0,25 | 0,03 | 0,22 | 4,75 |
| 2009 | 2 | 0,62 | 1,3 | 1,77 | 1,85 | 1,92 | 0,05 | 2,83 | 4,67 | 2,17 | 3,78 | 0 | 0,08 | 1,08 | 2,92 | 1,23 |
| 2009 | 3 | 3,05 | 2,25 | 0,87 | 0,62 | 1,77 | 0,47 | 4,42 | 3,33 | 8,8 | 9,55 | 5,47 | 6,92 | 6,07 | 5,48 | 0,65 |
| 2009 | 4 | 8,25 | 7,5 | 2,63 | 5,48 | 2,38 | 2,78 | 0,5 | 0 | 0,4 | 0 | 2,37 | 0,25 | 5,23 | 0,48 | 0,03 |
| 2009 | 5 | | 0 | 2,67 | 3,03 | 7,25 | 10,37 | 6,58 | 4,63 | 5,77 | | | | 2,93 | 3,93 | 5,62 |
| 2009 | 6 | 6,75 | 4,87 | 0,98 | 2,03 | | 5,27 | 1 | 3,93 | 2,12 | 1,83 | 0 | 4,48 | 1,77 | 0,27 | 0 |
| 2009 | 7 | 2,33 | 3,43 | 1,5 | 1,92 | 3,75 | 6,87 | 5,1 | 5,9 | 1,47 | 1,77 | 7,13 | 6,6 | 5,53 | 5,25 | 4,03 |
| 2009 | 8 | 6,78 | 8,53 | 10,3 | 7,33 | 5,77 | 0,25 | 4,8 | 6,13 | 1,8 | 5,28 | 3,97 | 2,02 | 7,95 | 8,63 | 7,12 |
| 2009 | 9 | 7,65 | 6,17 | 3,72 | 4,52 | 9,48 | 10,83 | 9,22 | 5,23 | 0,97 | 2,33 | 8,17 | 3,9 | 8,53 | 4,27 | 3,23 |
| 2009 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 5,05 | 4,07 | | 3,53 | 4,82 | 0,38 | 7,88 |
| 2009 | 11 | 0 | 5,12 | 1,67 | 2,8 | 7,78 | 10,33 | 10,5 | 0,38 | 6,4 | 4,92 | 1,58 | 0,3 | 0,9 | 7,68 | 7,78 |
| 2009 | 12 | 4,23 | 5,58 | 4,22 | 5,48 | 8,15 | 6,22 | 1,63 | 1,63 | 2,13 | 3,5 | 4,08 | 0,85 | 4,28 | 7,33 | 5,75 |

| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8,77 | 8,1 | 9,93 | 6,25 | 2,8 | 3,68 | 1,27 | 2,42 | 0,43 | 2,12 | 5,4 | 0,05 | 0 | 0 | 3,27 | 9,3 | |
| 0,43 | 1,97 | 4,7 | 3,4 | 2,5 | 4,45 | 6,1 | 2,9 | 6,87 | 3,63 | 0,58 | 0,33 | 5,13 | 8,6 | 0,83 | 6,13 | 2 |
| 0,5 | 0,15 | 0 | 0,8 | 4,17 | 3,1 | 0,72 | 0 | 0 | 2,58 | 0 | 0 | 9,5 | 10,28 | 0 | | 5 |
| 8,97 | 2,82 | 7,55 | 10,93 | 9,57 | 4,85 | 2,88 | 5,63 | 4,02 | 7,38 | 5,63 | 3,35 | 2,03 | 3,88 | 1,3 | 0 | 1 |
| 2,1 | 3,85 | 4,1 | 1,08 | 3,83 | 2 | 3,88 | 2,98 | 3,87 | 2,42 | 1,32 | 0,08 | 4,4 | 4,58 | 4,87 | | |
| 3,95 | 4,87 | 2 | 6 | 0,23 | 0,53 | 0,12 | 1,58 | 2,17 | 4,13 | 1,02 | 1,65 | 2,88 | 2,57 | 6,18 | 4,17 | 5 |
| 9,53 | 2,5 | 1,58 | 3,08 | 7,55 | 1,32 | 0,28 | 1,17 | 7,47 | 0 | 0 | 1,68 | 3,97 | 0,67 | 5,1 | 1,5 | 3 |
| 2,42 | 2,4 | 6,38 | 5,08 | 1,25 | 9,93 | 5,87 | 7,1 | 8,3 | 1,33 | 0,6 | 3,7 | 1,95 | | | | 2 |
| | | 2,55 | 0,48 | 1,17 | 3,47 | 0,95 | 1,5 | 0,62 | 2,1 | 2,5 | 3,22 | 0 | 0,97 | 0 | 1,35 | 5 |
| 2,65 | 0,5 | 0,85 | 0,45 | 0 | 1,5 | 0 | 1,05 | 0,67 | 1,33 | 4,08 | 0,78 | 1,78 | 1,38 | 1,25 | | 7 |
| 3,3 | 0,47 | 1,05 | 2,52 | 0 | 4,3 | 6,17 | 5,47 | 3,5 | 0 | 3,02 | 5,6 | 4,68 | 3,83 | 0,58 | 0 | 3 |
| 1,05 | 4,77 | 5,58 | 1,13 | 3,97 | 2,72 | 0,12 | 1,8 | 0,67 | 1,43 | 4,95 | 5,38 | 4,35 | 5,2 | 5,73 | | 6 |
| 3,37 | 0,58 | 2,12 | 5,42 | 1,52 | 2,93 | 2,58 | 2,93 | 5,67 | 4,52 | 4,5 | 2,7 | 10,75 | 7,68 | 9,08 | 8,33 | 4 |
| 0,18 | 5,75 | 1,62 | 6,72 | 2,37 | 3,2 | 10,17 | 2,38 | 3,07 | 0 | 0,38 | 5,3 | 1,62 | 1,33 | 3,77 | 3,63 | 2 |
| 0,28 | 8,5 | 6,83 | 1,83 | 1,83 | | 5,57 | 4,78 | 3,97 | 0,25 | 2,67 | 6,67 | 6,72 | 4,05 | 2,48 | | 2 |
| 2,53 | 3,45 | 0,25 | 0,22 | 3,33 | 3,83 | 1,8 | 3,25 | 1,92 | 2,7 | 4,62 | 6,43 | 7,2 | 2,43 | 2,08 | 0 | 2 |
| 3,88 | 1,57 | 4,48 | 10,92 | 9,57 | 1,85 | 2,67 | 2,8 | 3,18 | 0,58 | 3 | 7,2 | 4,98 | 3,52 | 2,28 | | 3 |
| 3,22 | 2,08 | 4,58 | 0,25 | 0,38 | 0,17 | 1,78 | 0,72 | 2,1 | 2,33 | 0,37 | 1,47 | 1,08 | 3,2 | 4,63 | 4,4 | |
| 0 | 1,93 | 2,9 | 5,1 | 3,4 | 2,63 | 8,43 | 4,33 | 1,32 | 3,88 | 1,02 | 7,38 | 3,25 | 2,15 | 4,13 | 5,25 | 3 |
| 0,58 | 0,63 | 1,33 | 1,07 | 0,25 | 1,33 | 0,9 | 1,63 | 0 | 0 | 0,3 | 0,6 | 0 | 2,05 | | | 8 |
| 0,08 | 3,5 | 2,07 | 0,48 | 0,25 | 5,83 | 0,15 | 5,57 | 0,25 | 5,02 | 0,45 | 2,03 | 1,55 | 1,48 | 0,98 | 0,42 | 7 |
| 6,62 | 3,63 | | 1,57 | 5,37 | 2,57 | 4,77 | 1 | 0,77 | 1,38 | 0,62 | 0,08 | 2,42 | 1,83 | 0,9 | | 8 |
| 1,98 | 0,17 | 1,17 | 1,67 | 2,18 | 3,25 | 0,93 | 0,33 | 2,42 | 4,03 | 4,75 | 0,42 | 0,1 | 0,25 | 1,47 | 2,72 | 5 |
| 2,63 | 1,32 | 1,17 | 0,33 | 4,58 | 0,67 | 0 | 0,5 | 0 | 0,8 | 2,87 | 1,45 | 0,75 | 1,38 | 2,5 | | 6 |
| | 0 | | | 0 | | 0 | | | | | | | 0 | | | 2 |
| 2,47 | 0,42 | | 2,92 | 2,25 | 2,08 | 0,38 | 2,97 | 4,67 | 7,13 | 5,22 | 0,55 | 5,75 | 3,73 | 1,05 | | 5 |
| 0 | 2,2 | 5,55 | 1,18 | 2,68 | 1,25 | 1,9 | 0,93 | 1,88 | 2,85 | 3,33 | | 0,58 | 4,67 | 1,92 | 2,77 | 7 |
| 5,47 | 4,45 | 3,05 | 6 | 1,22 | 0,62 | 0,33 | 0,93 | 5,25 | 1,67 | 1,67 | 5,47 | 6,15 | 8,15 | 5,8 | | 4 |
| 6,27 | 6,95 | 8,42 | 5,9 | 9,67 | 7,67 | 2,97 | 1,47 | 2,57 | 8,1 | 4,37 | 3,23 | 3,07 | 0,08 | 4,73 | 4,57 | 3 |
| 1,27 | 2,13 | 7,47 | 2,55 | 5 | 0,63 | 1,18 | 1,3 | 4,33 | 4,02 | 1,75 | 6,27 | 4,82 | 0,55 | 1,32 | 1,28 | 5 |
| 0,58 | 7,22 | 0,17 | 0 | 0,08 | 1 | 0,78 | 3 | 3,4 | 5,33 | 3,52 | 0,97 | 4,37 | | | | 7 |
| 2,27 | 2,5 | 0,75 | 2,75 | 0,25 | 1,12 | 3,27 | 0 | 2 | 0,72 | 1,12 | 3,92 | 0,85 | 0,63 | 4,82 | 4,08 | 7 |
| 2,37 | 0,6 | 2,78 | 1,42 | 1,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,65 | 2,33 | 4,23 | 1,13 | 3,03 | 0 | | 5 |
| 5,6 | 6,3 | 5,58 | 0,87 | 2,68 | | 2,23 | 2,85 | 1,8 | 0,93 | 4,38 | 0 | 5,22 | | 3,57 | 2,8 | 4 |
| 0,58 | 5,13 | 2,1 | 2,48 | 2,1 | 0,83 | 0,72 | 0,42 | 0 | 3,8 | 3,07 | 0,63 | 2,58 | 2,47 | 0,77 | | 6 |
| 8,88 | 7,08 | 2,38 | 2,92 | 1,17 | 3,65 | 2,62 | 4,6 | 3,87 | 6 | 7,25 | 9,03 | 7,33 | 8,85 | 9,08 | 2,87 | 3 |
| 7,23 | 3,02 | 1,7 | 2,12 | 4,92 | 0,92 | 1,27 | 4,45 | 1,12 | 1,58 | 2,98 | 7,07 | 7,65 | 1,23 | 1,78 | 4,17 | 3 |
| 1,3 | 2,32 | 0,83 | 0,38 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 4 |
| 2,15 | 3,47 | 2,83 | 3 | 2,52 | 4,12 | 0,25 | 8,23 | 2,93 | 3,08 | 7,28 | 1,17 | 3,22 | 2,37 | 3,38 | 2,98 | 3 |
| 5,33 | 5,37 | 0 | 7,07 | 6,12 | 6,12 | 3,92 | 0,75 | 1,45 | 2 | 5,4 | 2,63 | 2,35 | 2,4 | 2,13 | | 4 |
| 0,62 | 3,92 | 5,15 | 0 | 0,05 | 3,1 | 1,42 | 5,92 | 7,72 | 5,93 | 4,65 | 4,45 | 2,75 | 6,52 | 1,88 | 6,25 | 3 |

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2010 | 1 | 8,85 | 7,32 | 10,05 | 8,45 | 4,83 | 6,55 | 5,67 | 3,17 | 0,2 | 3,75 | 0,47 | 4,05 | 6,05 | 5,4 | 0,97 |
| 2010 | 2 | 8,47 | 8,47 | 4,1 | 5,4 | 1,68 | 0 | 6,8 | 2,7 | 4,97 | 0,33 | 6,78 | 4,13 | 2,92 | 5,15 | 4,08 |
| 2010 | 3 | 2,72 | 2,6 | 3,15 | 4,88 | 1,28 | 1,37 | 2 | 2,33 | 1 | 0,98 | 1,73 | 4,75 | 2,4 | 2,12 | 4,13 |
| 2010 | 4 | 1,18 | 2,72 | 3,73 | 3,33 | 1,67 | 1,53 | 1,4 | 1,12 | 0,15 | 0,25 | 1,58 | 1,9 | 2,4 | 1,62 | 2,17 |
| 2010 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010 | 7 | | 0 | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | | | | | | |
| 2010 | 8 | 5,82 | 1,95 | 1,2 | 4,23 | 3,35 | 5,05 | 0,88 | 7,3 | 9,23 | 1,98 | 10,12 | 0,88 | 1,68 | 0 | 3,72 |
| 2010 | 9 | 0,68 | 0,08 | 0,18 | 5,15 | 3,53 | 0,03 | 0,67 | 3,52 | 7,53 | 8,18 | 6,95 | 7,85 | 5,98 | 1,08 | 0 |
| 2010 | 10 | 5,53 | 6,9 | 4,22 | 1,95 | 3,65 | 5,25 | 8,13 | 1,82 | 5,02 | 10,3 | 8,08 | 8,17 | 9,5 | 7,2 | 2,83 |
| 2010 | 11 | 0 | 1,08 | 3,4 | 5,58 | 5,5 | 2,38 | 7,18 | 10,03 | 7,43 | | 0,08 | 1,08 | 0 | 0,62 | 0,5 |
| 2010 | 12 | 1,3 | 0 | 6,5 | 0,33 | 2,62 | 3,1 | 2,42 | 4,05 | 1 | 4,17 | 1,8 | 3,05 | 4,13 | 3,22 | 0 |

| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4,5 | 5,6 | 4,02 | 4,88 | 5,57 | 5,63 | 4,95 | 3,97 | 3,67 | 5,45 | 2,15 | 4,08 | 2,12 | 5,42 | 6,6 | 6,58 | 1 |
| 1,17 | 1,22 | 7,68 | 3,78 | 1,87 | 2,87 | 4,77 | 0 | 2,08 | 1,7 | 0,08 | 2,7 | 4,97 | | | | 4 |
| 0,73 | 0,08 | 0,37 | 1,02 | 2,43 | 0,55 | 4,3 | 5,7 | 5,43 | 5,17 | 3 | 2,65 | 6 | 1,75 | 2,97 | 0 | 7 |
| 1,75 | 1,55 | 0,27 | 0,4 | 1,32 | 0,38 | 0,97 | 0,98 | 0,6 | 0,25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0 | | 0 | | | 0 | 0 | 0 | 4,53 | 1,65 | 2,2 | 1,48 | 3,68 | 0,62 | 3,03 | |
| 7,7 | 6,4 | 10,28 | 3,22 | 2,17 | 0,9 | 8,62 | 8,92 | 6,35 | 3,77 | 5,38 | 4 | 2,87 | 6,23 | 7,47 | 5,97 | 2 |
| 2,1 | 5,13 | 3,38 | 0,8 | 1,58 | 5,13 | 1,28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7,27 | 3,02 | | 5,13 | | 3 |
| 1,13 | 0,27 | 1,4 | | 9,53 | 8,83 | 2,3 | 3,23 | 4,82 | 0 | 4,55 | 1,63 | 6,58 | 4,83 | 0,28 | 4,72 | 4 |
| 2,78 | 1,27 | 0,42 | 4,25 | 3,17 | 1,02 | 3,95 | 2,75 | 4,87 | 4,07 | 2,27 | 1,62 | 2,33 | 4,92 | 1,58 | | **4,2045** |
| 2,07 | 0,08 | 0,93 | 3,23 | 0,12 | 0,88 | 0,8 | 2,5 | 0,92 | 2,03 | 0,47 | 0,25 | 3,33 | 1 | 2,82 | 8,08 | |

## ANEXO 6. UBICACIÓN DE TUBERÍA DE AGUAS RESIDUALES DEL REFUGIO JOSÉ FRANCISCO RIBAS