



Facultad de Ingenierías y Ciencias Agropecuarias

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA  
LLUVIA DE CALIDAD PARA SER INCORPORADO EN EL PROCESO DE  
MEZCLADO EN UNA PLANTA DE PISOS Y REVESTIMIENTOS DE  
PAREDES

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingeniero Ambiental en Prevención y Remediación

Profesor Guía

Iván Cisneros

Autor

Daniel Gómez de la Torre Hidalgo

Año

2013

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

NELSON IVÁN CISNEROS

INGENIERO QUÍMICO

CC 1708036635

## DECLARACIÓN DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

---

DANIEL GÓMEZ DE LA TORRE

CC 1723129308

## AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi familia y amigos, a la Empresa Artepiso por todo su apoyo en este proyecto y a mi Director el Ing. Iván Cisneros por su guía y dedicación durante todo este trabajo.

## DEDICATORIA

Les dedico mi trabajo a mi familia, en especial a mi madre, y a todas las personas que hicieron posible este trabajo de titulación.

## RESUMEN

El proyecto de tesis consiste en diseñar e implementar un Sistema de Captación de Agua Lluvia para ser incorporado dentro de un proceso industrial, específicamente para el proceso de mezclado de materiales en la elaboración de los pisos y revestimientos para paredes.

En este proceso se requiere considerables cantidades de agua que pueden ser suministradas mediante la implementación de esta tesis, captada en techos de los galpones de producción y bodegaje de los productos. El sistema de captación de agua lluvia contiene una superficie de captación, formado por los techos, el sistema de recolección formado por tuberías de PVC, un lugar de almacenamiento que incluye una cisterna y por último una bomba de succión que transportará el agua de la cisterna hacia el proceso de mezclado.

Mediante el sistema de captación de agua lluvia se espera reducir considerablemente el consumo de agua y por ese motivo lograr conseguir una imagen ecológica y amigable de la empresa con el ambiente.

## **ABSTRACT**

The thesis project consists in the design and implementation of a rain water harvesting system in order to be incorporated into an industrial process, especially for the mixing of materials in the production of coatings for floors and walls.

In this process considerable amounts of water is required, which can be delivered through the implementation of this thesis, captured on roofs of the sheds production and warehousing of products.

The system contains rainwater harvesting catchment surface that would consist on the ceilings, the recollection system that would consist on the PVC pipes, a storage place that in this case will be a tank and finally a suction pump in order to transport the water from the tank to the mixing process.

Through the rainwater harvesting system it is expected to have a significant reduction in water consumption and because of that achieving an ecological and environmentally friendly image for the company.

1.	CAPÍTULO I: GENERALIDADES .....	1
1.1	Antecedentes: .....	1
1.2	Introducción: .....	2
1.2.1	Ubicación de la planta de la empresa Artepiso: .....	2
1.3	Producción .....	3
1.3.	Comercialización, clasificación (líneas) y aplicaciones de los productos fabricados .....	4
1.3.2	Medios de aplicación y líneas de productos: .....	10
1.4	Descripción de las Fases de elaboración .....	10
1.4.1	Diagrama de flujo (Layout) .....	10
1.4.2	Recepción de material .....	10
1.4.3	Mezclado .....	11
1.4.4	Moldeado .....	12
1.4.5	Compactación y Pre-secado .....	13
1.4.6	Secado .....	14
1.4.7	Sellado y Fijación de color .....	14
1.4.8	Empacado .....	15
1.5	Alcance .....	15
1.6	Justificación .....	16
1.7	Objetivos del Proyecto .....	16
1.7.1	Objetivo General .....	16
1.7.2	Objetivos Específicos .....	17
1.8	Hipótesis .....	17
1.8.1	Hipótesis Específicas .....	17
2.	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	18
2.1	Marco Legal .....	19
2.1.1	Ley de Aguas, 2006 .....	19
2.1.2	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, 2002 .....	19
<b>2.2</b>	<b>Ventajas del SCAPT:</b> .....	<b>20</b>
2.3	Desventajas del SCAPT: .....	20

2.4	Ciclo Del Agua.....	20
2.4.1	Cantidad de agua.....	22
2.5	Cambio Climático.....	22
2.5.1	Causas del Cambio Climático.....	23
2.6	Uso Eficiente del Agua.....	25
2.7	Sistema de Captación de Agua Lluvia.....	26
2.7.1	Antecedentes Históricos.....	26
2.8	Captación de Agua de Lluvia.....	30
2.8.1	Cisterna veneciana.....	31
2.8.2	Aljibe de filtro superior.....	31
2.8.3	Aljibe americano.....	32
2.8.4	Aljibe alemán.....	33
2.8.5	Superficies de recogida.....	33
2.8.6	Instalaciones Tipo.....	34
2.9	Economía Ambiental.....	35
2.10	Pluviosidad.....	36
2.10.1	Medición de Pluviosidad.....	37
2.11	Desarrollo Sostenible.....	37
<b>3. CAPÍTULO III: DETERMINACIÓN DE VOLÚMENES Y CALIDAD DEL AGUA.....</b>		<b>39</b>
3.1	Línea Base:.....	39
3.1.1	Localización Geográfica.....	39
3.1.2	Caracterización de la Zona Bioclimática.....	39
3.2	Recurso Clima.....	40
3.2.1	Temperatura.....	41
3.2.2	Precipitación.....	42
3.2.3	Humedad Relativa.....	44
3.2.4	Velocidad del viento.....	45
3.2.5	Radiación Solar.....	47
3.2.6	Calidad del Aire.....	48
3.3	Informe de laboratorio de las muestras de agua.....	50

3.3.1 Determinación de Sólidos Sedimentables.....	52
3.3.2 Determinación de Temperatura.....	53
3.3.3 Determinación de pH .....	54
3.3.4 Determinación de sulfatos.....	55
3.3.5 Determinación de nitratos y nitritos .....	56
3.3.6 Determinación de hierro .....	57
3.3.7 Resultados de los análisis del laboratorio .....	57
<b>4. CAPÍTULO IV: ANÁLISIS FINANCIERO.....</b>	<b>59</b>
4.1 Análisis de resultados .....	59
4.1.1 Fórmulas: .....	59
4.1.2 Cálculo del volumen .....	59
4.2 Análisis Económico del Sistema de Captación de Agua Lluvia	63
4.2.1 Inversión inicial:.....	63
4.2.2 Costos de operación: .....	64
4.2.3 Ganancia:.....	64
4.3 Marketing Ambiental .....	67
<b>5. CAPÍTULO V: ESTRUCTURA Y DISEÑO DEL SCAPT ...</b>	<b>70</b>
5.1 Superficies de Captación.....	70
5.1.1 Materiales.....	70
5.1.2 Dimensiones .....	70
5.1.3 Mantenimiento.....	71
5.2 Sistema de conducción.....	72
5.2.1 Dimensiones: .....	73
5.2.2 Mantenimiento.....	73
5.3 Filtración.....	73
5.3.1 Rejillas.....	74
5.3.2 Sedimentador .....	74
5.3.3 Mantenimiento para las rejillas .....	75
5.4 Almacenamiento .....	75
5.4.1 Mantenimiento.....	75

6. CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
6.1 Conclusiones .....	77
6.2 Recomendaciones .....	79
7. REFERENCIAS.....	80
8. ANEXOS .....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del Proyecto.....	2
Figura 2: Distancia entre planta antigua y nueva de Artepiso .....	2
Figura 3: Centro de acopio .....	11
Figura 4: Proceso de Mezclado .....	12
Figura 5: Moldes para pisos y revestimientos .....	13
Figura 6: Proceso de desmolde del material .....	14
Figura 7: Proceso de sellado.....	14
Figura 8: Empacado .....	15
Figura 9: Ciclo del Agua .....	20
Figura 10: Porcentaje agua dulce en el planeta .....	22
Figura 11: Efecto Invernadero .....	24
Figura 12: Chultun maya .....	27
Figura 13: Impluvium (Romanos) .....	28
Figura 14: Aljibe Árabe.....	28
Figura 15: Manantial de Tempul .....	29
Figura 16: Noria.....	30
Figura 17: Cisterna Veneciana .....	31
Figura 18: Aljibe de filtro Superior .....	32
Figura 19: Aljibe americano.....	32
Figura 20: Aljibe Alemán .....	33
Figura 21: Sistema de captación con Aljibe.....	34
Figura 22: Instalaciones de un SCAPT.....	35
Figura 23: Esquema de desarrollo sostenible .....	38
Figura 24: Temperatura promedio mensual multianual (2005-2010).....	42
Figura 25: Precipitación promedio mensual multianual (2005-2010).....	43
Figura 26: Humedad Relativa promedio mensual multianual (2005-2010).....	45
Figura 27: Velocidad del viento promedio mensual multianual (2005-2010) ...	46
Figura 28: Radiación Solar promedio mensual multianual (2005-2010).....	47
Figura 29: Análisis de material particulado PM10 .....	48
Figura 30: Análisis de Ozono .....	49
Figura 31: Análisis de Azufre.....	50
Figura 32: Cono de Imhoff.....	52
Figura 33: Termómetro.....	53
Figura 34: Bandas de pH Macherey Nagel.....	54
Figura 35: SulfaVer .....	55
Figura 36: Test Nitratos .....	56
Figura 37: Test Hierro.....	57
Figura 38: Superficies de captación y sistema de recolección .....	72
Figura 39 Cisterna y bomba (Sistema de almacenamiento).....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Productos Artepiso .....	4
Tabla 2: Colores de los Productos .....	9
Tabla 3: Relación por el grosor del piso y la cantidad de material producido con 45 lt. de agua .....	12
Tabla 4: Relación por el grosor del revestimiento y la cantidad de material producido con 45 lt.de agua.....	12
Tabla 5 Análisis Temperatura.....	41
Tabla 6: Análisis Precipitación.....	43
Tabla 7: Análisis Humedad Relativa.....	45
Tabla 8: Análisis Velocidad del Viento.....	46
Tabla 9: Análisis de Radiación Solar .....	47
Tabla 10: Análisis físico químico Muestra N°1 del agua lluvia.....	50
Tabla 11: Análisis físico químico Muestra N°2 del agua lluvia.....	51
Tabla 12 Conversión del grosor a metros.....	60
Tabla 13 Volumen de agua / Volumen de material.....	60
Tabla 14 Volumen de material mensual .....	61
Tabla 15 Volumen de Agua recolectada mensualmente .....	62
Tabla 16: Cobertura del sistema de captación de agua lluvia .....	63
Tabla 17 Costo de la tubería .....	63
Tabla 18 Costo de operación del sistema de captación de agua lluvia .....	64
Tabla 19: Desglose de la inversión inicial del Sistema de Captación de Agua Lluvia .....	64
Tabla 20: Balance de ingresos y gastos del Sistema de Captación de Agua Lluvia .....	65
Tabla 21: Valores utilizados para el cálculo del VAN y el TIR .....	66
Tabla 22 VAN y TIR.....	66
Tabla 23 Balance de ingresos y gastos del Sistema de Captación de Agua Lluvia .....	69
Tabla 24 VAN y TIR.....	69
Tabla 25 Dimensiones de los Galpones.....	70

# 1. Capítulo I: Generalidades

## 1.1 Antecedentes:

Se planteó a la Universidad de las Américas, como proyecto de Tesis, un Sistema de Captación de Agua Lluvia, para ser incorporado dentro de un proceso industrial, como requisito de la malla de Ingeniería Ambiental, específicamente de la asignatura metodología de la Titulación. En el transcurso de la asignatura se propuso a la empresa Artepiso Cía. Ltda., incorporar el Sistema de Captación de Agua Lluvia, en la nueva planta, garantizando de esta manera el abastecimiento de agua, que será utilizada, dentro de su proceso de mezclado de materiales, para la elaboración de pisos y revestimientos.

La empresa Artepiso, se dedica a la elaboración de revestimientos de pisos y paredes, son productos cementicios, que simulan ser piedras naturales por su forma y textura, se pueden utilizar en cualquier tipo de construcción, tanto en interiores como exteriores. Actualmente, su planta está ubicada en la provincia de Pichincha, en el Cantón Quito, en la parroquia de Puembo.

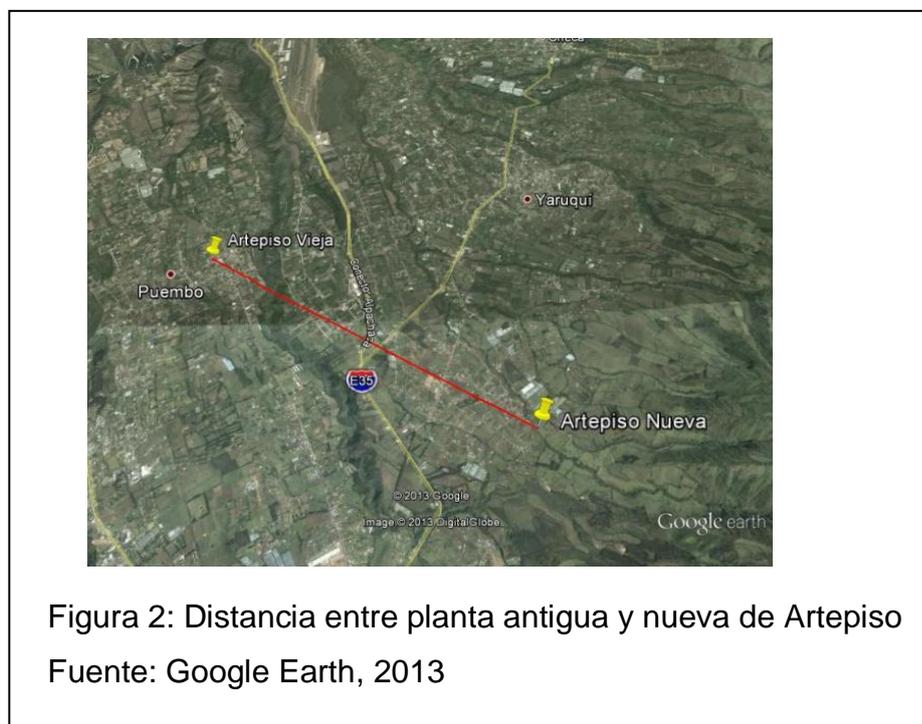
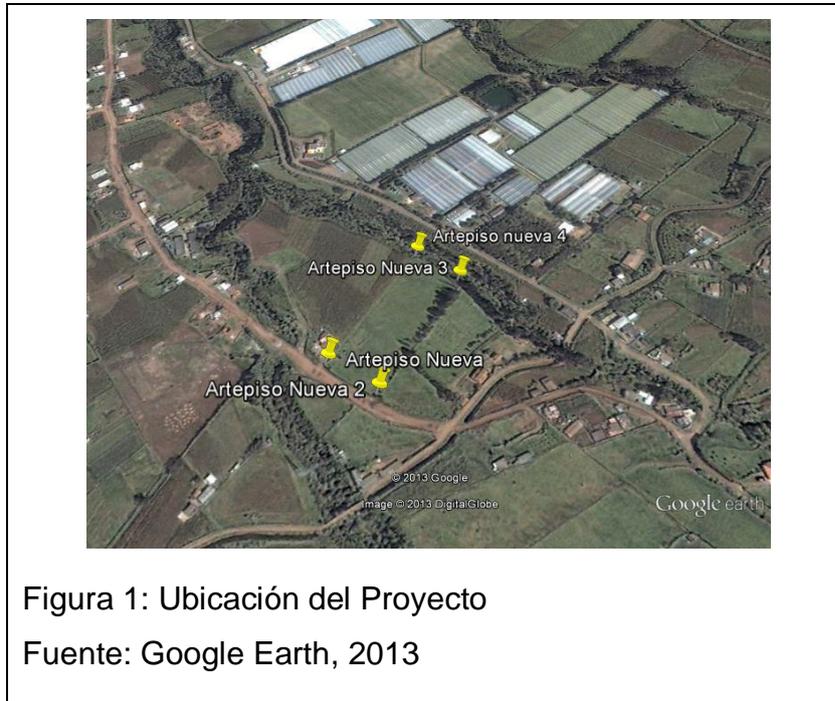
(Anexo 1: Carta de solicitud a Artepiso)

Después de analizar la idea y aprovechando la construcción de una nueva fábrica, los directivos de la empresa Artepiso, deciden colaborar en este proyecto de tesis, al considerar que la Implementación de un Sistema de Captación de Agua Lluvia, beneficiaría a la empresa en el abastecimiento de agua, la misma que es utilizada para el proceso de mezclado de ingredientes, en la elaboración de sus revestimientos, además del consumo normal del personal.

El agua lluvia será captada en los techos o cornisas de las naves o galpones de producción y bodegaje y será transportada mediante tubería para ser recogida y almacenada en cisternas.

## 1.2 Introducción:

### 1.2.1 Ubicación de la planta de la empresa Artepiso:



La fábrica antigua de Artepiso, se encuentra en Puembo a una distancia en línea recta de aproximadamente 4 km.

Por razones de incrementar su producción, automatizar los procesos y proyectar el crecimiento de la empresa, han decidido realizar un nuevo proyecto, que consiste en la construcción de una nueva planta, con sus respectivas oficinas.

La nueva planta se está construyendo en el Distrito Metropolitano de Quito, dentro de la Administración zonal Aeropuerto, perteneciendo a la Parroquia de Yaruqui, en el sector de Oyambarrillo.

### **1.3 Producción**

En la Planta actual, se tiene una producción diaria, entre 800 y 850 m<sup>2</sup> de pisos y revestimientos, en jornadas de trabajo de ocho horas, de lunes a viernes, mientras que los días sábados, en jornadas de medio tiempo, de 500 a 550m<sup>2</sup> de pisos y revestimientos; dando un total aproximado, al mes de entre 20.000 a 21.000 m<sup>2</sup> total de material; de los cuáles los revestimientos representan un 60% de la producción total y los pisos tan solo el 40%.

La nueva planta espera tener una producción total de 40.000 m<sup>2</sup>. Con las mismas relaciones en porcentajes entre pisos y revestimientos.

Es importante mencionar que del 100% de la producción, la empresa, exporta alrededor del 60% fuera del país, hacia algunos destinos como son Venezuela, Colombia, Chile, Panamá, entre otros.

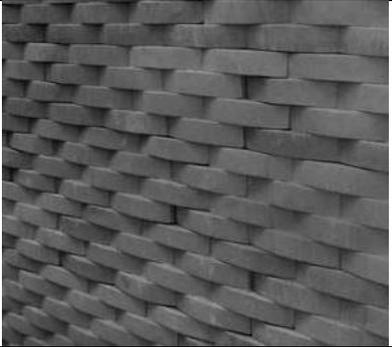
El producto, que se comercializa dentro del país, cuenta con diferentes canales: Canal Distribuidor que maneja la distribución a nivel nacional, teniendo como principales socios comerciales, a Kywi, Boyacá, Baldosines Alfa y franquicias autorizadas como puntos de venta en Cumbayá y San Rafael, entre otros distribuidores. Canal Constructor, con una fuerza de ventas que visita constructores, dando a conocer sus productos; y, Punto de venta de fábrica, que tiene su Showroom, ubicado dentro de la ciudad de Quito, en las calles Whimper y 6 de diciembre.

### 1.3. Comercialización, clasificación (líneas) y aplicaciones de los productos fabricados

Tabla 1: Productos Artepiso

PRODUCTOS	MEDIDA (cm)	PIEZAS (POR CAJA)	FOTO
ALBARDILLA DE MURO	60x28	1	
BORDES DE PISCINA	40x40	3	
LAJA ANTIZANA	40x40	6	
LAJA CARIBE ALBERO	40x40	6	

PRODUCTOS	MEDIDA (cm)	PIEZAS (POR CAJA)	FOTO
LAJA CORDILLERA	26x13	30	
LAJA COTOPAXI	26x13	30	
LISTELO CANANDE	10,5x30	3	
LISTELO CAONI	30x8	3	
LISTELO CUYABENO	36x10	3	

PRODUCTOS	MEDIDA (cm)	PIEZAS (POR CAJA)	FOTO
LISTELO MARAÑON	35x8 cm	3	
LISTELO PATATE	26x 5,5	3	
LISTELO QUIJOS	30x10 cm	3	
LISTELO TOACHI	32x6	3	
PIEDRA AMAZONAS	25x8	30	

PRODUCTOS	MEDIDA (cm)	PIEZAS (POR CAJA)	FOTO
PIEDRA BUSARDA	33x33	6	
PIEDRA CASCADA	50x15	8	
PIEDRA CAYAMBE	50x15	10	
PIEDRA CHIMBORAZO	26x13	30	

PRODUCTOS	MEDIDA (cm)	PIEZAS (POR CAJA)	FOTO
PIEDRA MEDITERRANEA	40x40	6	
VULCANO	26x30	6	
PIEDRA REVENTADOR	40x40	6	
PIEDRA TUNGURAHUA	26x13	30	

PRODUCTOS	MEDIDA (cm)	PIEZAS (POR CAJA)	FOTO
ADOQUIN RECTO SUAVE	40x40	6	
RUEDA RUSTICA	40x40	6	

Fuente: Artepiso Cía. Ltda.

En la tabla anterior se encuentran todos los productos elaborados por Artepiso Cía. Ltda. Los productos vienen en diferentes colores como se presenta a continuación.

Tabla 2: Colores de los Productos

MUÑECA	
PIEDRA	
CREMA VETEADA	
NEGRA	
BLANCA	
LADRILLO	

Fuente: Artepiso Cía. Ltda.

### 1.3.2 Medios de aplicación y líneas de productos:

Artepiso actualmente cuenta con 3 líneas de productos: pisos, revestimientos y boutique.

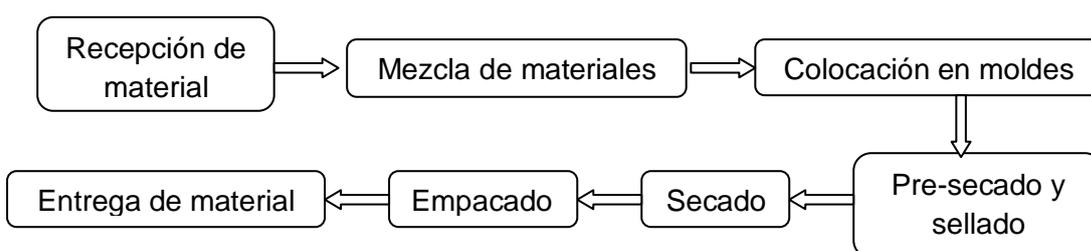
Los pisos, pueden ser utilizados tanto en interiores como exteriores, dependiendo del uso y gusto del cliente. Deben ser instalados sobre un contrapiso con un pegamento como mortero industrializado; para la selección del pegamento se tendrá en cuenta el lugar donde va a ser colocado. Ya que existe diferencias en los pegamentos de interior o exterior. También existe material específico para gradas, bordes de piscinas y bordes de jardineras.

Al igual que los pisos, los revestimientos son colocados con un pegante como mortero industrializado, sobre una pared enlucida y pueden estar en interiores o exteriores. Los revestimientos actualmente representan el mayor porcentaje de ventas para la empresa, siendo su línea estrella.

Línea boutique, es una línea exclusiva para decoración. El material de esta línea se conoce también como listelo y son utilizados para decorar paredes especiales, Se utiliza en paredes de baños, salas, comedor, entre otras.

## 1.4 Descripción de las Fases de elaboración

### 1.4.1 Diagrama de flujo (Layout)



El diagrama de flujo consta de: Recepción de material, mezcla de materiales, colocación en moldes, presecado y sellado, secado, empaque y entrega de producto.

### 1.4.2 Recepción de material

El proceso inicia con la llegada del material que previamente se encuentra preclasificado.

Los principales materiales son: cemento gris de selva alegre, piedra chispa numero 8, arena fina y grano mocal 2 (marmolina). Estos materiales son colocados en un depósito, para su posterior uso.



Figura 3: Centro de acopio

Fuente: Artepiso Cía. Ltda. 2012

### 1.4.3 Mezclado

El primer paso en la elaboración de pisos y revestimientos, es el proceso de mezclado, donde se procede a combinar la materia prima, necesaria, en la mezcladora para la obtención de los diferentes productos.

Este es el proceso más relevante e importante, para el proyecto de tesis, ya que es aquí, en donde se utilizará el agua recolectada por el sistema de captación de agua.

Por motivos de Knock-out de la empresa, no es posible revelar la cantidad de los materiales que son utilizados para la mezcla de los pisos y revestimientos. Es fundamental conocer la cantidad de agua que es utilizada para la elaboración de los productos, porque será esa la cantidad de agua, que deberá ser cubierta por el sistema de captación de agua lluvia.

La relación de agua en la mezcla se divide según el tipo de producto y el grosor del mismo. La cantidad de agua utilizada en 1 parada, es de alrededor 40 o 45 litros, esto dependerá de la humedad de la arena.

A continuación, se presentan dos tablas separadas por pisos y revestimientos donde se indica el grosor de los mismos y la cantidad de metros cuadrados elaborados con 40 o 45 litros de agua.

Tabla 3: Relación por el grosor del piso y la cantidad de material producido con 45 lt. de agua

Grosor (cm)	Cantidad (m <sup>2</sup> )
1,5	12
2	8

Tabla 4: Relación por el grosor del revestimiento y la cantidad de material producido con 45 lt.de agua

Grosor (cm)	Cantidad (m <sup>2</sup> )
3	4,12
2	5,30



Figura 4: Proceso de Mezclado

Fuente: Artepiso Cía. Ltda. 2012

#### 1.4.4 Moldeado

En el momento de la preparación es importante separar los productos.

Fabricación de pisos:

Los pisos, son colocados en moldes metal plásticos, que previamente son untados con una mezcla de aceite y diesel empleando una brocha, con la finalidad, de que el material no se adhiera al molde y el color se fije al piso.

Fabricación de revestimientos:

Los revestimientos, son colocados en moldes de goma, a los mismos se les coloca un aceite vegetal y el óxido deseado como color del producto. Posterior a esto se coloca la mezcla.



Figura 5: Moldes para pisos y revestimientos

Fuente: Artepiso Cía. Ltda. 2012

#### 1.4.5 Compactación y Pre-secado

En esta parte del proceso también se recomienda separar por productos.

Fabricación de pisos:

Los pisos en sus respectivos moldes pasan en reposo durante 3 horas, en las vitrinas, para posteriormente retirar el exceso de agua colocado en la mezcla con un cepillo especial; cabe recalcar, que este es mínimo y se lo retira para evitar la humedad del producto. Después, los pisos pasan a una sección oscura, en la cual son expuestos a vapor de agua durante 24 horas, para su posterior, desmoldamiento.

Fabricación de revestimientos:

En esta parte del proceso, los revestimientos reposan en los armarios de 12 a 24 horas, para luego ser desmoldados. Las piedras de revestimientos no cuentan con un pre secado con vapor de agua por su molde de goma.



Figura 6: Proceso de desmolde del material

Fuente: Artepiso Cía. Ltda. 2012

#### 1.4.6 Secado

Una vez desmoldados los dos tipos de pisos y revestimientos, se secan al ambiente en un período no menor de 8 a 10 días

#### 1.4.7 Sellado y Fijación de color

Después de 10 días de secado al ambiente, los pisos y revestimientos, son remojados en una mezcla de impermeabilizante llamado Maxilane y agua para fijar el color del producto y protegerlo de hongos y bacterias que produce la humedad.



Figura 7: Proceso de sellado

Fuente: Artepiso Cía. Ltda. 2012

### 1.4.8 Empacado

Esta es la última etapa del proceso de fabricación de pisos y revestimientos, aquí es empacado el producto, para su posterior entrega al cliente final y funciona de la siguiente manera:

Los pisos y revestimientos son colocados en cajas de cartón. Cada tipo de piso y revestimiento va empacado en un número específico como se indica en la Tabla N°1, para posteriormente ser embalados con plástico film y ser colocados sobre pallets de madera, y por último ser cubiertos con plástico azul, para evitar el contacto del producto con el agua.



### 1.5 Alcance

El alcance de este proyecto de titulación es el diseño e implementación de un sistema de captación de agua lluvia en la empresa Artepiso Cía. Ltda., para resolver el problema de un consumo alto de agua potable, la escases de agua al realizarse cortes de agua por parte de la Junta de Agua de Puembo y

posteriormente por querer poseer una imagen amigable con el medio ambiente, mediante el aprovechamiento de agua lluvia.

Para la ejecución de este anteproyecto las áreas científico tecnológico involucradas serán las siguientes:

**Ciencias ambientales:** Esta ciencia será utilizada para la toma de muestras de agua, y nos ayuda en los análisis de laboratorio para el agua de proceso.

**Diseño de Plantas:** para el diseño del sistema de captación y cálculo de áreas y volúmenes de captación de agua lluvia.

**Operaciones Unitarias:** esta ciencia servirá para el cálculo de volúmenes de agua que entra en el sistema de captación de agua lluvia para el dimensionamiento de la Cisterna.

**Meteorología y Climatología:** estas dos ciencias nos ayudarán a realizar la línea base física del proyecto, específicamente para saber los niveles de pluviosidad, temperatura, nubosidad y evaporación. De esta manera, estimar los volúmenes de agua de lluvia a captar.

## **1.6 Justificación**

El considerable consumo de agua potable en el proceso de mezclado de los componentes de los pisos y revestimientos de paredes, por parte de la empresa Artepiso ha motivado la iniciativa de realizar este proyecto. Además hay que tomar en cuenta que se estaría aprovechando el recurso natural del agua lluvia, obteniéndose un beneficio económico y ambiental mediante el ahorro en el consumo del agua potable.

## **1.7 Objetivos del Proyecto**

### **1.7.1 Objetivo General**

Diseñar y construir un sistema de captación de agua lluvia para ser incorporado en el proceso de mezclado de pisos y revestimientos de paredes, para evitar el alto consumo de agua potable en la empresa Artepiso Cía. Ltda.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

Determinar la calidad de agua, mediante análisis físico químicos, que será utilizada en el proceso de mezclado.

Diseñar y construir un sistema de captación de agua lluvia.

Abastecer con agua lluvia el proceso de mezclado en base a la información de la pluviosidad de la zona.

Realizar un análisis de costo-beneficio sobre la implementación del sistema de captación de agua lluvia.

## **1.8 Hipótesis**

Un sistema de captación de aguas pluviales permitirá solucionar en parte la escasez de agua para el proceso de mezclado en la fabricación de pisos y revestimientos.

### **1.8.1 Hipótesis Específicas**

1. La calidad de agua lluvia es adecuada para ser utilizada dentro de la etapa de mezclado en el proceso de elaboración de pisos y revestimientos para paredes.
2. El nivel de pluviosidad justifica el diseño y construcción del sistema de captación de agua para el proceso de mezclado.
3. El nivel de pluviosidad de la zona cubre parte del abastecimiento de agua necesaria para el proceso de mezclado.
4. La utilización de agua lluvia en comparación con el agua potable, reduce la relación costo beneficio en el proceso de mezclado.

## 2. Capítulo II: Marco Teórico

El aprovechamiento del agua lluvia para diferentes usos se convierte en una práctica bastante atractiva tanto en el factor ambiental como en el factor económico, teniendo en cuenta que existe una gran demanda del recurso agua, debido al alto crecimiento demográfico y un alto grado de contaminación de las fuentes de agua. En cuanto al factor económico, este se refiere el costo del agua potable, el cual en un futuro podría alcanzar un valor elevado si no se toma en cuenta algunas consideraciones para la conservación de este recurso.

La captación de agua lluvia ha sido un sistema practicado ancestralmente por varias culturas alrededor del mundo, debido a que es un sistema práctico de recolección, fácil de aplicar y nos permite obtener agua de buena calidad. Este sistema se ha utilizado para el consumo agrícola y el consumo humano. Lo importante es que puede ser aplicado en zonas con altas y bajas precipitaciones, claro está, con un mejor rendimiento en zonas con altas y medias precipitaciones. El agua que es recolectada en época lluviosa puede ser conservada en épocas de sequia, esto haría que el tiempo de escases de agua no se convierta en problema al no poder desarrollar las actividades en las que se ocupe agua.

El agua lluvia recolectada puede ser utilizada en varios procesos y actividades y puede implementarse en diferentes lugares como escuelas, industrias, entre otros. Hoy en día se piensa que un modelo aplicable, es el sistema de captación de agua pluvial en techos (SCAPT) debido al aprovechamiento del área del techo. Este modelo presenta un beneficio, por la ubicación ya que minimiza la contaminación del agua.

Al momento, las industrias no están incorporando estos sistemas de captación de agua lluvia a procesos industriales y solo encontramos que los mismos están siendo implementados en complejos habitacionales, escuelas y edificios.

## **2.1 Marco Legal**

A continuación se presenta los cuerpos legales más importantes de la República del Ecuador que se considera aplicable a este proyecto de tesis.

### **2.1.1 Ley de Aguas, 2006**

#### **Art. 29. Almacenamiento de agua.-**

“Cualquier persona podrá almacenar aguas lluvias en aljibes, cisternas o en pequeños embalses, para fines domésticos, de riego, industriales y otros, siempre que no perjudique a terceros. Para la ejecución de obras destinadas al almacenamiento de aguas de más de doscientos metros cúbicos, se requerirá de planificación aprobada previamente por la Autoridad Única del Agua”.

### **2.1.2 Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, 2002**

#### **Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Capítulo 4 desarrollo, Normas Generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas y de estuarios.**

“Se entiende por uso industrial del agua su empleo en actividades como:

- a) Procesos industriales y/o manufactureros de transformación o explotación, así como aquellos conexos o complementarios;
- b) Generación de energía y
- c) Minería.

Para el uso industrial, se deberán observar los diferentes requisitos de calidad correspondientes a los respectivos procesos, aplicando el criterio de tecnología limpia que permitirá la reducción o eliminación de los residuos (que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos).”

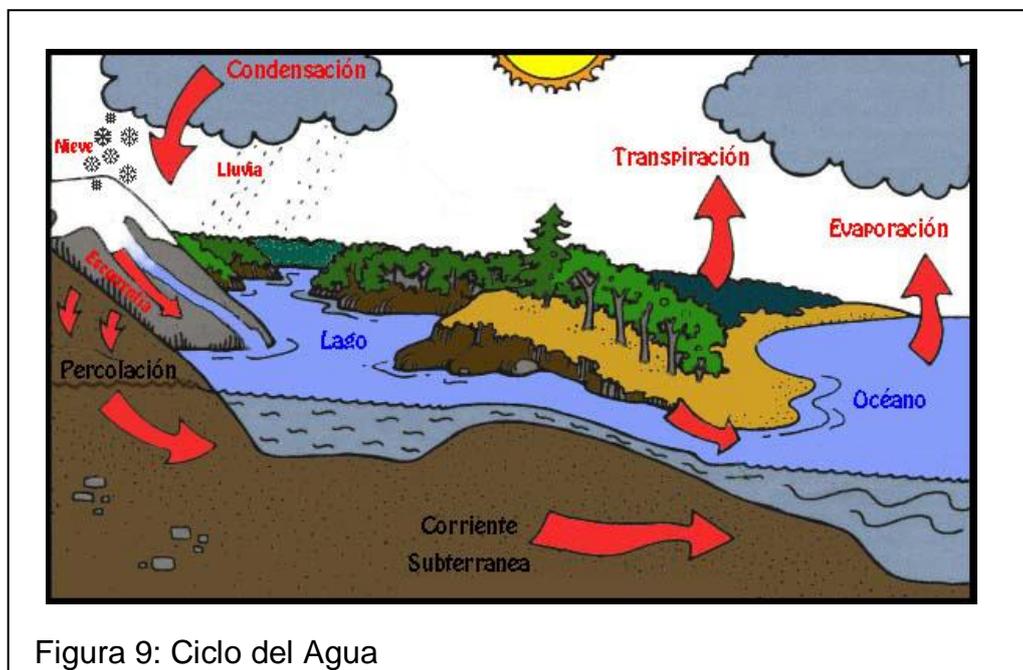
## 2.2 Ventajas del SCAPT:

- Sistema independiente de las redes de distribución de agua potable de la empresa municipal.
- Ahorro económico en agua potable.
- Fácil limpieza y mantenimiento del sistema de captación de agua lluvia.

## 2.3 Desventajas del SCAPT:

- La cantidad de agua recogida depende netamente de pluviosidad del lugar donde se implemente.
- En caso de necesitarse varias horas continuas de uso de agua, el sistema no tiene una cobertura del 100%.
- En caso de existir contaminantes que afecten a la calidad del aire, la calidad del agua del sistema también se afecta.

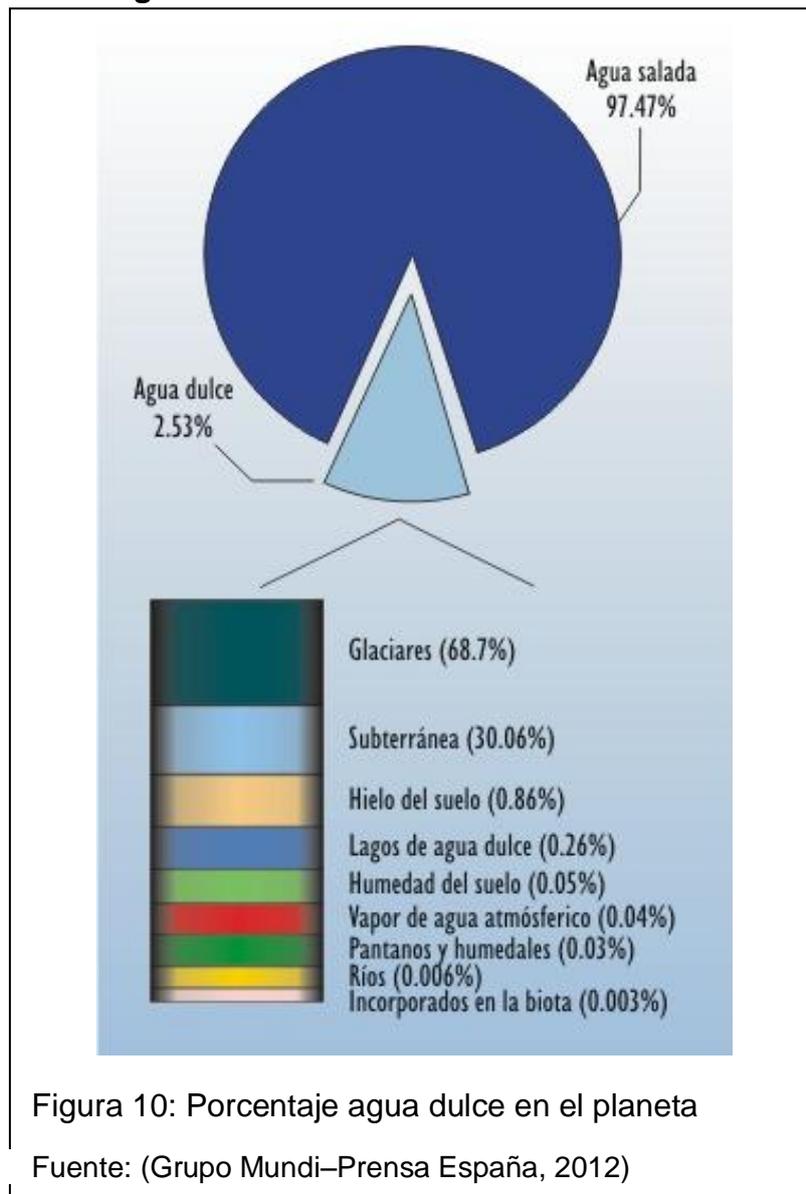
## 2.4 Ciclo Del Agua



Fuente: (Programa Explora, 2010)

El ciclo del agua no tiene un punto de partida, pero por motivos explicativos comenzaremos en los océanos. El sol mediante su radiación infrarroja específicamente, calienta el agua de los océanos, hasta producir el fenómeno físico llamado evaporación. El agua se transporta mediante corrientes de aire hacia la atmósfera en forma vapor de agua, donde a menor temperatura el vapor de agua se condensa y forma las nubes. Las nubes están formadas por agua y material particulado básicamente. Las corrientes de aire mueven las nubes por la atmósfera produciendo colisiones entre ellas, que hacen que crezcan y se formen cuerpos de agua más grandes y se precipiten. La precipitación puede caer en varias formas, nieve, granizo y agua líquida esto dependerá en la zona del planeta que ocurra y de la temperatura que exista en la atmósfera. El agua igualmente se almacenará en varios lugares del planeta por ejemplo en nevados, glaciares, páramos, etc. Posteriormente el agua se derretirá sobre la superficie del suelo, luego la acumulación de agua formará un riachuelo, que en zonas más bajas se convertirá en un río. Al final esta corriente de agua se unirá nuevamente con el océano. Es importante mencionar que el agua que cae sobre el suelo es aprovechada por los diferentes organismos vivos. Además el agua puede ser almacenada en forma líquida por lagos, lagunas y aguas subterráneas. El agua puede ser acumulada por largos periodos de tiempo. (Science for a changing world USGS, 2013)

### 2.4.1 Cantidad de agua



En la Figura 10 se presenta en porcentaje la cantidad de agua que tiene el planeta. Como se puede observar un 97% del agua está en los océanos. Tan solo el 2,53% es agua dulce, de la que tan solo el 0,3% es de fácil acceso para el consumo humano y es actualmente la fuente para desarrollar casi todas las actividades humanas.

### 2.5 Cambio Climático

Según el libro de Glaciaciones y calentamiento global escrito por José Fernando Isaza Delgado para la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

En las últimas décadas se ha experimentado variaciones en la temperatura global promedio. Como ejemplo entre los años 1961 – 1990 la temperatura tiende a subir a partir de los años 80, con algunas excepciones en que la temperatura ha disminuido. En el año 2005 la temperatura incrementó 0,62 °C más que el promedio de 13,9°C desde los años 1880-2004.

Algunas explicaciones por las que estaría sucediendo esto son:

- Intensificación del efecto invernadero. A partir de la revolución industrial y el incremento de la utilización de combustibles fósiles.
- Destrucción de la capa de ozono. La contaminación producida por los aerosoles y otros gases como NOx y SOx.

El calentamiento global es un proceso gradual con consecuencias severas, a continuación se nombrará solo algunas de ellas.

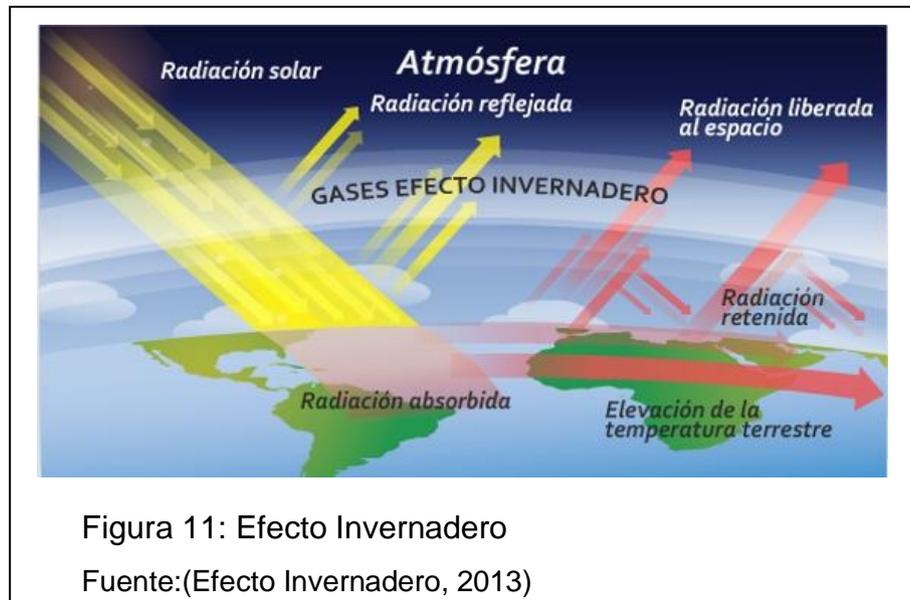
- Elevamiento del nivel de los mares.
- Daños en cosechas
- Cambio en los periodos de lluvia
- Propagación de enfermedades.
- Inviernos más húmedos y veranos más secos con olas de calor.
- Reducción en la calidad del aire, incrementando valores como PM2,5 y PM10.
- Ríos menos profundos y como consecuencia aguas más calientes, afectando a vida marina.
- Eutrofización en aguas de lagos y lagunas.

(Delgado & Campos Romero, 2007)

### **2.5.1 Causas del Cambio Climático**

La vida en la tierra apareció hace alrededor de 3300 millones de años y esta es un resultado de muchas condiciones climáticas de la tierra y la existencia de agua. Una de esas condiciones climáticas es el efecto invernadero, el cual es un proceso natural que comienza desde que los rayos del sol llegan a la superficie terrestre, esta radiación es nuevamente emitida hacia el espacio en

forma de calor; este calor es atrapado por la acción de determinados gases, teniendo así una temperatura adecuada para la vida dentro de nuestra atmósfera. Debido al efecto invernadero la temperatura media global es de + 15 C, sino fuera por este fenómeno la temperatura sería de – 18 °C.



En los años 90 mediante algunos estudios los científicos, sostuvieron que el planeta se estaba calentando de manera acelerada. Las variaciones del clima en estos últimos años han sido bruscas y a veces sin precedentes. Al buscar el origen de este incremento acelerado se encontró que existía una relación estrecha entre el calentamiento global de la época y el aumento en considerables cantidades de los conocidos gases de efecto invernadero. El aumento de estos gases proviene en principio del alto crecimiento demográfico produciendo un efecto en cadena que al existir más población cada vez se requieren más servicios y productos para la misma.

Las actividades humanas aportan hacia la atmósfera cuatro gases de efecto invernadero principalmente que son dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ), óxido nitroso ( $N_2O$ ) y halo carbonos (grupo de gases que contienen flúor, cloro y bromo). Este tipo de gases se acumulan en el aire de la atmósfera, provocando un incremento de sus concentraciones con el paso del tiempo.

El dióxido de carbono resulta como consecuencia de la quema de combustibles fósiles y respiración de todos los seres vivos. Teniendo en cuenta que si la

situación actual sigue para el año 2050 la cantidad de  $CO_2$  se habrá duplicado en relación a lo que había durante la revolución industrial.

El metano es producido principalmente por el aumento en las prácticas agrícolas y en la explotación del gas natural, los óxidos de nitrógeno y azufre son desatados por la mala calidad de los combustibles fósiles la mala combustión de los mismos utilizados en maquinaria para industrias o vehículos y el grupo de los halo carbonos, gases también causantes del efecto invernadero desproporcionado de la época, son utilizados para los sistemas de refrigeración, aires acondicionados y aerosoles que antes no se producen de manera natural. (Delgado & Campos Romero, 2007) y (IPCC Intergovernmental panel on climate change., 2007)

## **2.6 Uso Eficiente del Agua**

Durante la historia, las sociedades han considerado el recurso agua como un factor fundamental para la vida, es por eso que se incluye dentro de este marco teórico este concepto. Entendemos por uso eficiente del agua a cualquier medida que reduzca una cantidad de agua por una actividad realizada, además de contribuir en el mejoramiento de la calidad y mantenimiento de este recurso, también es parte integral del manejo de los recursos ambientales, los cuales pueden ser renovables o no renovables. El uso eficiente del agua considera la reducción o prevención de pérdida del agua en beneficio para la sociedad. Esta manera de conservación puede tener un sentido social y económico; el concepto sin duda está ligado al desarrollo sostenible, asegurando así el recurso para las futuras generaciones.

En muchos lugares en el mundo se han podido desarrollar alternativas innovadoras del uso eficiente del agua en las que podemos destacar la recirculación de agua para procesos de enfriamiento y plantas de tratamiento de agua.

Es importante presentar las variables económicas que afectan el uso del agua; a través de la historia, el agua ha pertenecido a recursos de propiedad común, es decir, que deberían ser accesibles para todos. Cuando se presenta este

caso de propiedad común los precios generalmente son muy bajos y el agua tiene un costo menor o insignificante comparado al de otros insumos, por lo cual se usa sin tener en cuenta la cantidad necesaria ni la conservación. En consecuencia la eficiencia del agua es baja. Muchas veces debido al bajo costo del agua, la misma es utilizada en procesos que no necesariamente se la requiere ,por ejemplo, el lavado de pisos, lavado de instalaciones, limpieza de productos entre otros tomando en cuenta que en los procesos de lavado el agua se está contaminando y se está descargando a fuentes de agua dulce.

A lo largo del tiempo, en distintas civilizaciones se ha visto la importancia de poseer agua. Es por eso que una manera eficiente de utilizar este recurso ha sido el conservarlo por medio de varios sistemas el agua lluvia. (Centro Nacional de Producción Más Limpia, S/A)

## **2.7 Sistema de Captación de Agua Lluvia**

Según Marx Donovan, se entiende por captación de agua al acopio del recurso en diferente forma estas pueden ser de:

- Agua de lluvia (pluviales)
- Arroyos y ríos
- Lagos o de embalses

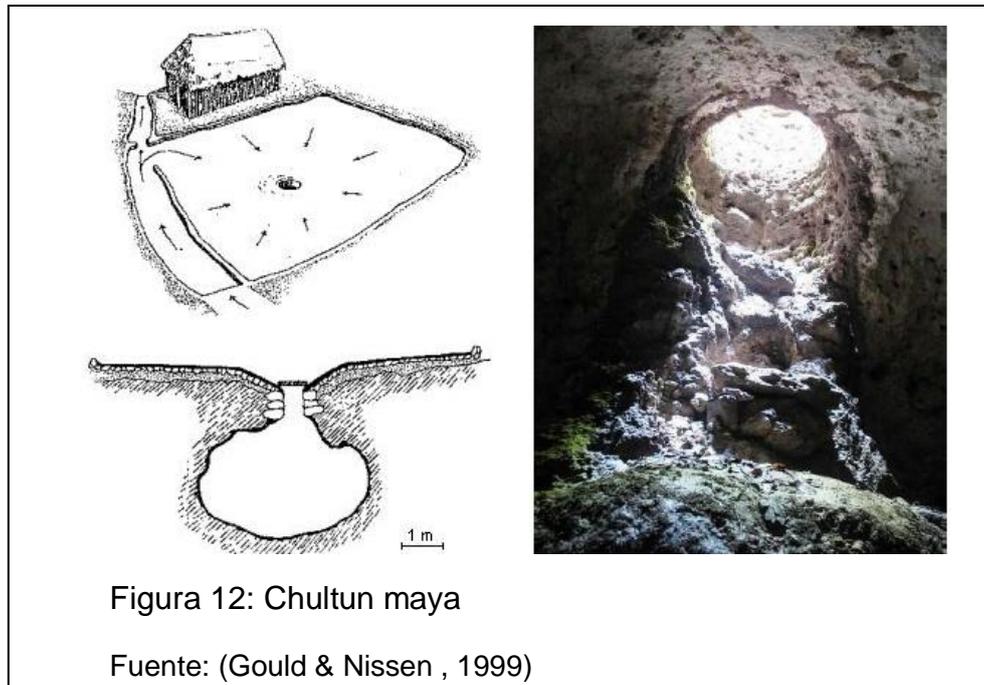
### **2.7.1 Antecedentes Históricos**

Desde la antigüedad, el ser humano ha aprovechado el agua superficial especialmente como fuente de abastecimiento, asentando civilizaciones cerca de los ríos, lagos y vertientes de agua. Los ríos se han utilizado como vías de transporte hasta la actualidad, sin embargo en épocas secas o en zonas áridas se ha obligado a crear formas de captación de agua, para poder conservar el recurso un periodo de tiempo, teniendo una alternativa para el riego de sembríos y para el consumo humano.

Por ejemplo, en el desierto entre Israel y Jordania, se ha descubierto sistemas de captación de agua lluvia que tiene aproximadamente 2000 años a. C. Ubicados específicamente en la parte alta del desierto para aumentar la

escorrentía superficial y llevar el agua a terrenos más bajos donde se ubicaban los cultivos.

La civilización maya (1000 a. C. – 1600 d. C.) desarrolló un sistema de captación de agua lluvia, compuesto de una cámara subterránea en forma de botella.



En la época romana, la vivienda de las clases altas, conocida como domus, incorporaba un sistema para la captación de aguas de lluvia. La casa se articulaba alrededor de un patio interior (atrium) en el cual se disponía un estanque (impluvium) que almacenaba las aguas de lluvia que recogía el compluvium, zona de la cubierta con la pendiente de los faldones orientada hacia el interior.

Habitualmente la piscina de almacenamiento o impluvium estaba conectada a una cisterna dispuesta por debajo del mismo, siendo así un depósito cerrado.

Los árabes innovaron en los sistemas de almacenamiento pluvial con los aljibes conocidos también como pozos. Estos depósitos se enterraban y se alimentaban mediante canales de conducción puestos encima de los pozos. Teniendo una perfección técnica que podían abastecer a gran parte de la

población. La mayoría de estos sistemas se utilizaron hasta el siglo XX, aunque hoy en día debido a los escasos de agua en ciertas épocas del año se ha pensado en volverlos a utilizar.

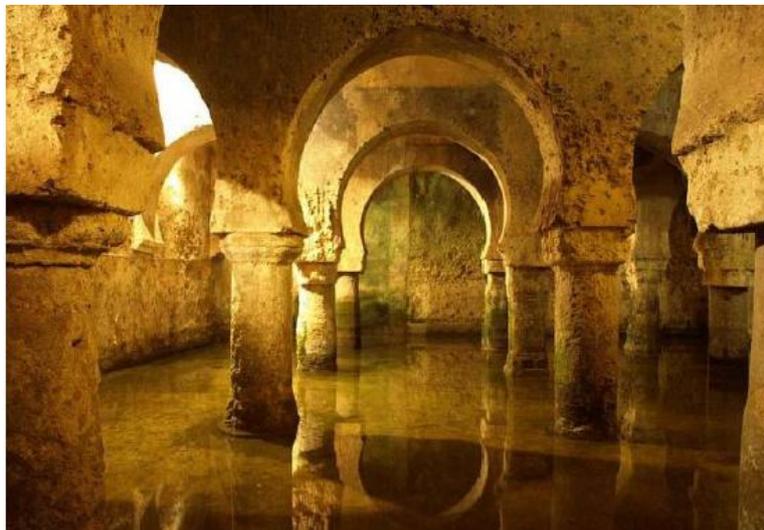
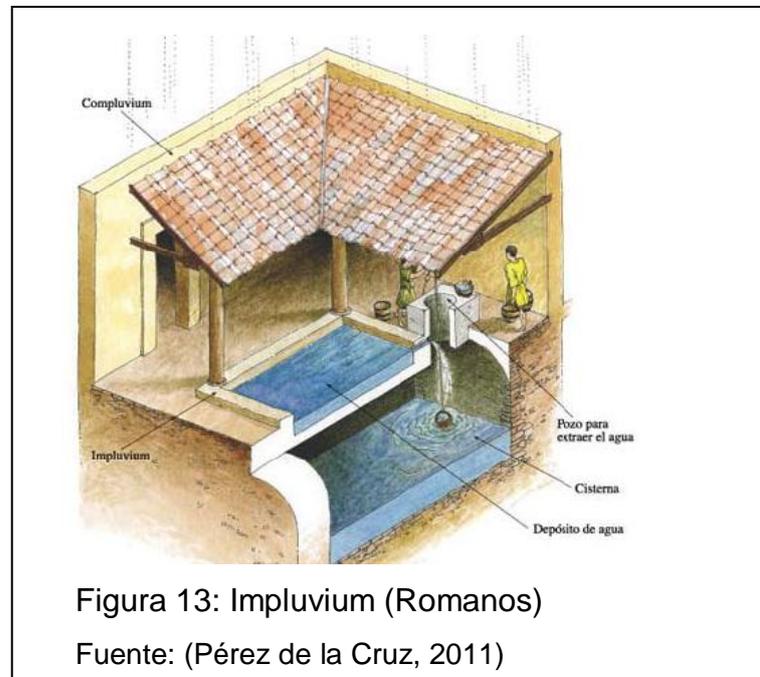


Figura 14: Aljibe Árabe

Fuente:(Pérez de la Cruz, 2011)

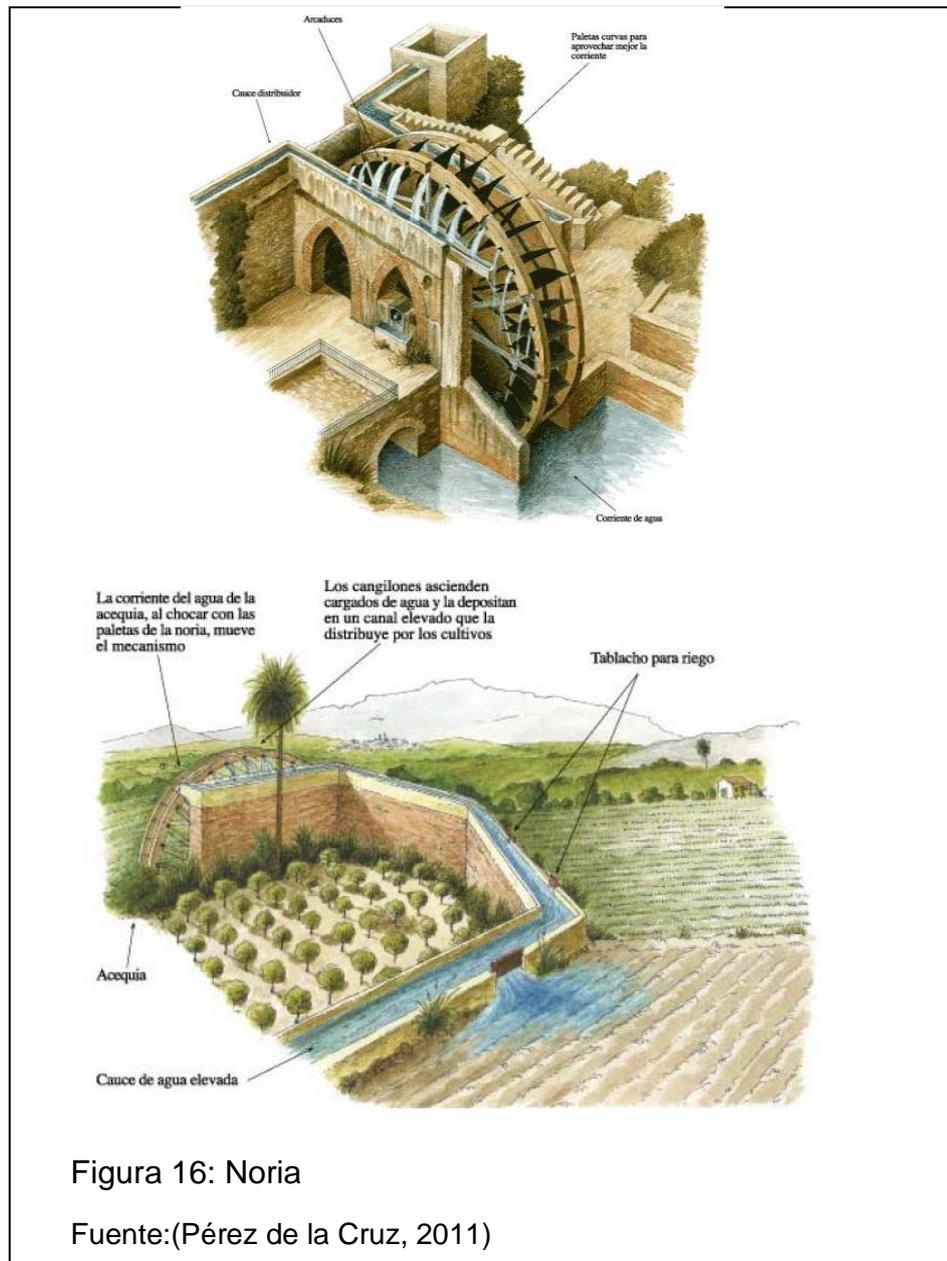
Civilizaciones romanas más adelante comenzaron a aplicar sistemas de captación más grandes que sirvieran para toda la población, fue así como se crearon varias pequeñas represas, reservorios junto al cauce de un río. El emplear estos sistemas fue complicado debido a que el agua venía con cierta contaminación, por bacterias, sólidos, entre otros; es por eso que no fue hasta el siglo XX cuando se comienza a dar tratamientos como la cloración.



Figura 15: Manantial de Tempul

Fuente:(Pérez de la Cruz, 2011)

Las Norias fueron un sistema creado para elevar el agua de una corriente artificial mediante maquinas hidráulicas parecidas a una rueda, en su interior con aspas parcialmente sumergidas haciendo que la máquina se encuentre en un movimiento continuo. Sin embargo, el máximo desarrollo de estos sistemas lo hicieron igualmente los árabes, que lo utilizaron en sistemas de riego. La figura 16 muestra un tipo de noria hidráulica que se construyó en la cuenca del río Segura en Murcia. (Pérez de la Cruz, 2011)



## 2.8 Captación de Agua de Lluvia

Recoger cantidades importantes de agua de lluvia siempre ha sido complejo, es por eso que se hallaron y se siguen hallando diferentes tipos de sistemas de captación en varias civilizaciones. Las cisternas o aljibes, encontrados (especialmente en regiones de escasas e irregulares lluvias de la costa mediterránea) fueron importantes en las épocas de sequías.

La recolección de agua puede hacerse en los techos o lugares especiales ubicados estratégicamente. El problema de recolectar el agua es que arrastran impurezas, por lo que siempre es importante colocar sistemas de filtración.

Se puede retirar los sedimentos a través de rejillas y de ser necesario un decantador o sedimentador para evitar los sedimentos.

Las cisternas deben tener un mantenimiento periódico, así también las tuberías y las canaletas que recogen el agua.

### 2.8.1 Cisterna veneciana

Esta tipología de aljibes, denominados así por su origen, están formados por un hueco revestido, relleno de material filtrante, con un pozo central de toma y canales laterales de entrada donde se produce una decantación elemental.

El agua pasa de los canales al interior de la masa filtrante, recorriéndola de arriba hacia abajo y entrando en el pozo por su parte inferior. El material filtro se subdivide en tres o en cuatro capas de granulometría diferente. Tiene la ventaja de que su bóveda se apoya directamente sobre el material filtro y el inconveniente de que su capacidad útil des 30 al 40 % de su volumen total.

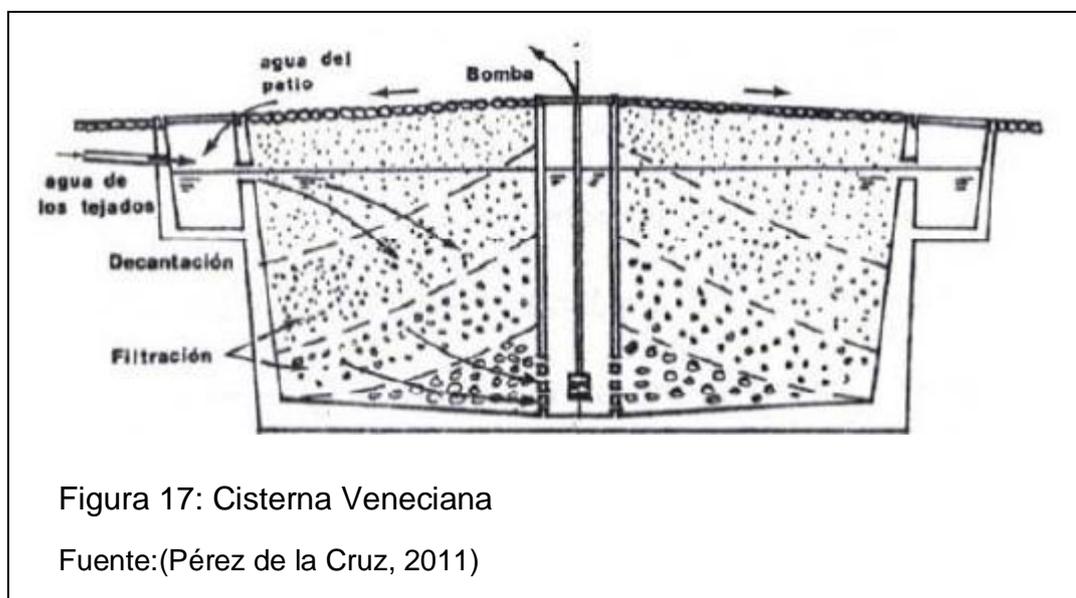


Figura 17: Cisterna Veneciana

Fuente:(Pérez de la Cruz, 2011)

### 2.8.2 Aljibe de filtro superior

En el aljibe de filtro superior, la entrada de agua se efectúa por arriba, pasando por un filtro situado en su parte más alta, que desemboca en el aljibe

propriadamente dicho, de esta forma el agua no permanece en el filtro más tiempo del necesario para su filtración. Su capacidad es casi del 100% de su volumen.

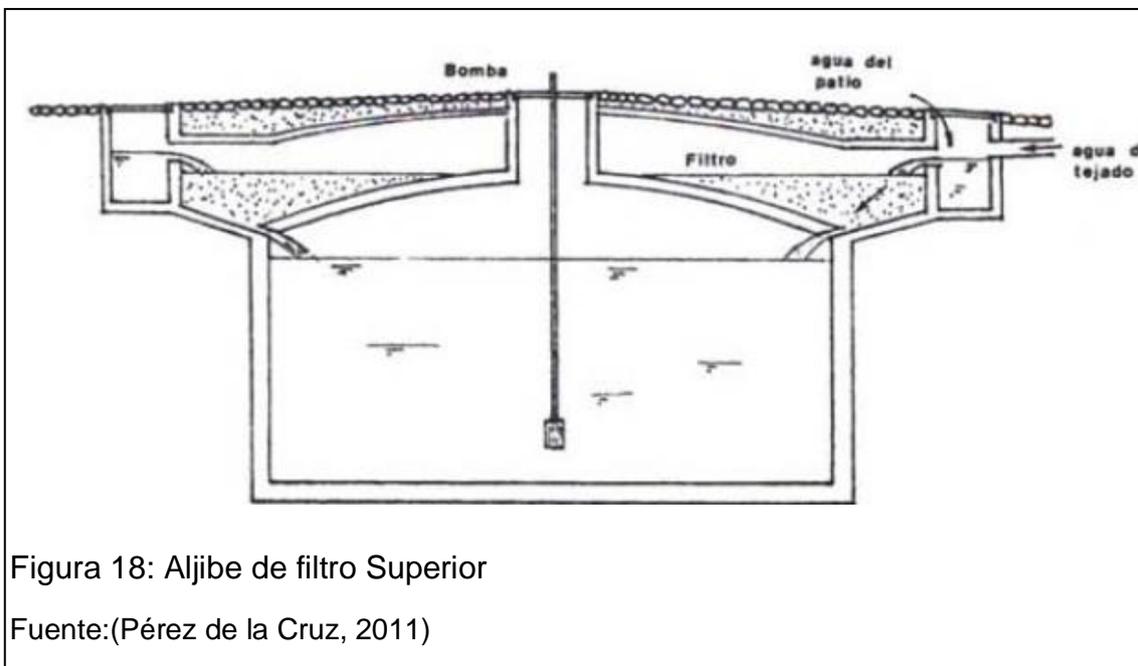


Figura 18: Aljibe de filtro Superior

Fuente:(Pérez de la Cruz, 2011)

### 2.8.3 Aljibe americano

El aljibe americano recoge y almacena el agua directamente. Incorporando antes de su salida un filtro de arena de granulometría creciente, constituido por cilindros concéntricos en torno al tubo de aspiración.

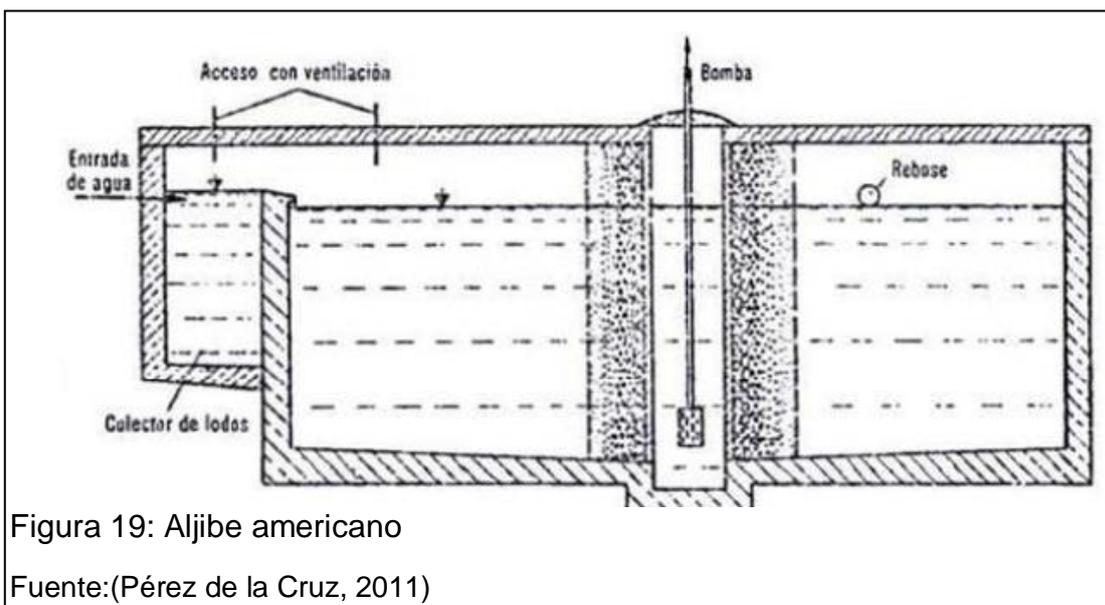
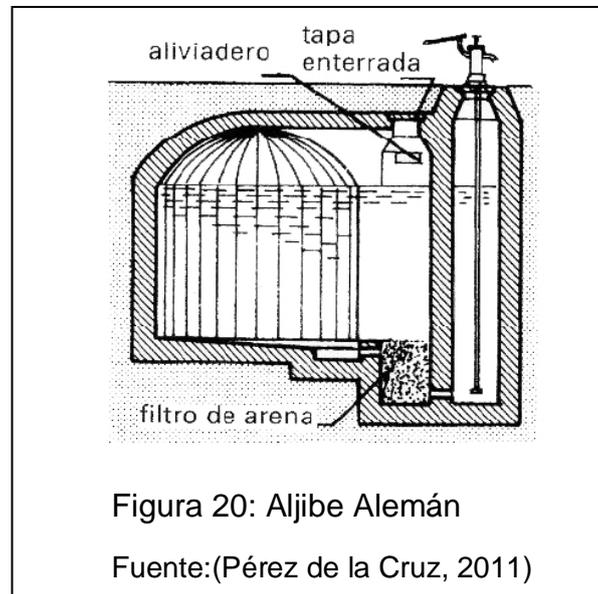


Figura 19: Aljibe americano

Fuente:(Pérez de la Cruz, 2011)

### 2.9.4 Aljibe alemán

Este sistema integra un depósito de recogida, un filtro y una cámara o pozo de toma.



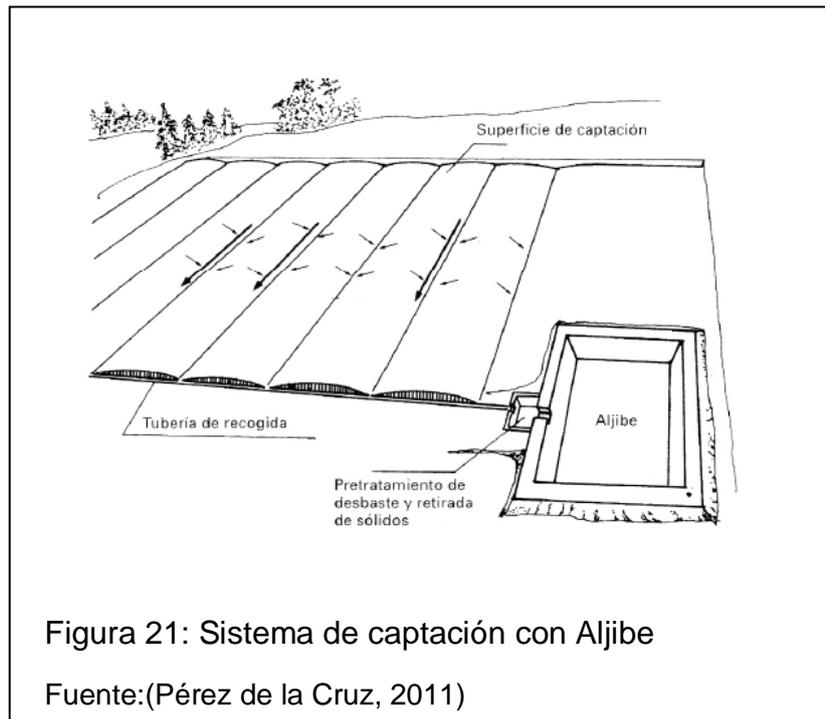
### 2.8.5 Superficies de recogida

Las superficies de recogida (o eras) pueden ser de hormigón, empedrado o superficies naturales, construyéndose con cunetas de desagüe que converjan en la entrada de la cisterna. Estas cunetas deben calcularse para poder conducir en un mes la cuarta parte de la precipitación anual. Entre la era y el aljibe el agua circula por una tubería, pero con llave y desagüe previo a la entrada, con el fin de eliminar las primeras aguas de lluvia después de épocas de sequía.

En zonas áridas, es el propio terreno el que constituye estas superficies de recogida. En este caso, se disponen una serie de elementos de canalización (muros interceptores, conducciones, etc.) que guían el agua hasta el aljibe.

Antes de llegar al aljibe las aguas pasan al recibidor (decantador), donde quedan depositadas las impurezas.

Una vez que éstas han sido depositadas en el fondo del recibidor, el agua limpia llega al aljibe, donde queda lista para el consumo. (Pérez de la Cruz, 2011)



### 2.8.6 Instalaciones Tipo

En estas instalaciones realizadas para el aprovechamiento del agua de lluvia, la calidad de la misma debe tener una consideración especial. El agua que va al depósito debe estar libre de polvo, arena, hojas, insectos y cualquier otro tipo de contaminante y además debe efectuarse una desinfección de las aguas captadas cuando se destinen a consumo humano. Un esquema tipo de instalación es el que se muestra en la figura 22:

- 1) Captación del agua de lluvia: se realiza desde la cubierta, recogándose en el canalón, el cual deberá disponer de rejillas adecuadas para evitar que hojas y demás partículas pasen a las bajantes.
- 2) Filtro: debe eliminar partículas de mayor tamaño para así evitar que éstas se depositen en el aljibe. Debe disponer de tapa de registro para su limpieza periódica y estar conectado a la red de desagüe.
- 3) Depósito o aljibe: almacenar el agua ya filtrada, dependiendo de los requerimientos será de un material u otro. Existen modelos compactos que ya

incorporan el filtro. Otros elementos importantes del sistema de captación de agua de lluvia son los sensores de nivel.

4) Bomba de impulsión: se encarga de la distribución del agua por la vivienda, está hecha con materiales adecuados para el agua de lluvia, silenciosa y de alta eficiencia.

5) Sistema de gestión y control: este aparato es imprescindible cuando tenemos dos tipos de agua, nos dará información de la reserva de agua de lluvia existente en el depósito y conmutará con el agua de la red cuando sea necesario.



Figura 22: Instalaciones de un SCAPT

Fuente: (Jazmín Cruz , 2009)

## 2.9 Economía Ambiental

Es una rama de la economía que incluye a la ecología como un campo económico. Analiza los nuevos paradigmas sobre el desarrollo sostenible o sustentable, en cuanto a las sociedades actuales, aplicando principios económicos en el uso y manejo de los recursos naturales.

La economía ambiental convierte al medio ambiente en términos económicos y cuantitativos, en función de precios y beneficios asignando un valor de mercado a bienes y servicios ambientales y además, incentivando el uso adecuado de los recursos naturales y motivando la conservación.

Los factores de los que se ocupa la Economía Ambiental son:

- La estimación económica de los bienes y servicios ambientales.
- La valoración económica de los impactos negativos y los pasivos ambientales.

(Mendieta, 2000) y (Arango García & Ospino Zambrano, 2011)

## **2.10 Pluviosidad**

La pluviosidad es la magnitud o la intensidad de la precipitación. Es decir la cantidad de lluvia que puede caer en determinado lugar por un periodo de tiempo.

Según la Organización Meteorológica Mundial, “la lluvia es la precipitación de partículas líquidas de agua, de diámetro mayor 0,5 mm o gotas menores, pero muy dispersas. Si no alcanza la superficie terrestre, no sería lluvia sino virga y si el diámetro es menor sería llovizna. La lluvia se mide en milímetros al año, menos de 200 mm es clima seco, entre 200 y 500 mm son escasas, entre 500 y 1000 mm normales, entre 1000 y 2000 mm abundantes y más de 2000 mm son muchas”

La precipitación se ve afectada por 3 factores principalmente: presión atmosférica, temperatura y humedad relativa.

El tamaño de las gotas puede variar entre 0,5 y 6,35 mm, las gotas más pequeñas tienen una forma más esférica mientras que las gotas más grandes suelen ser más achatadas. La velocidad de caída oscila entre 8 y 32 km/h, dependiendo del volumen de las gotas e intensidad de la lluvia.

La precipitación al caer a la corteza terrestre se distribuirá en forma irregular, parte de ella será aprovechada por el ser humano para sus procesos y consumo, será absorbida por las plantas y consumida por diferentes seres vivos. La lluvia se convertirá en escorrentía superficial para luego incorporarse a los sistemas fluviales como ríos, lagunas y lagos para luego llegar a los océanos. Una parte importante se almacenará en yacimientos subterráneos.

### **2.10.1 Medición de Pluviosidad**

La precipitación se mide en milímetros de agua o litros caídos por unidad de superficie ( $m^2$ ). Nótese que 1 mm de agua de lluvia equivale a 1L de agua por ( $m^2$ ). La cantidad que cae en un zona se mide con un instrumento llamado pluviómetro.

Existen 2 tipos de pluviómetros los manuales que constan nada más de un recipiente cilíndrico señalado con medidas y pluviómetros totalizadores que son instrumentos más precisos, tomados por un embudo en forma de triángulo invertido. Con este instrumento también se puede calcular cuantas horas al día llovió. A diferencia del manual se coloca a nivel del suelo y por 12 horas.

Existe otro tipo de instrumento para medir precipitaciones llamado pluviógrafo, el cual se utiliza para lluvias que tienen mayor intensidad y de corta duración teniendo así un dato más real, el momento de realizar la medición.

Estos instrumentos deben ser colocados donde no sean interferidos por árboles, edificaciones, entre otros. La precipitación pluvial se mide en milímetros sobre una superficie plana e impermeable.

## **2.11 Desarrollo Sostenible**

Este concepto apareció en el Informe Brundtland en el 1987 realizado para la ONU por varias naciones, encabezado por la Primera Ministra de Noruega Harlem Brundtland. Es ahí cuando se le da una definición al Desarrollo Sostenible, "*Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades*". Lo que busca lograr el desarrollo sostenible lograr es una integralidad entre el ser humano como aspecto social y cultural, la conservación, respeto y protección del medio ambiente con la economía.

Lo que se busca con el Desarrollo Sostenible es tener un equilibrio entre los tres factores presentados en la Figura 23.

Hoy en día el desarrollo sostenible se ha convertido en algo muy complejo de poner en práctica debido a que lograr ese equilibrio muchas veces no es factible.

Según el libro Desarrollo Sostenible de Laura Gerber, “la perspectiva del desarrollo sostenible, es la de un modelo de desarrollo integral, endógeno, perdurable y humano, que tiene como fin supremo la defensa de la naturaleza y de la especie humana, y que otorga un papel protagónico a los principios de la diversidad y de la solidaridad, del mismo modo que persigue preservar el patrimonio biológico y cultural de los pueblos, en sus dimensiones local, regional, nacional y global.”

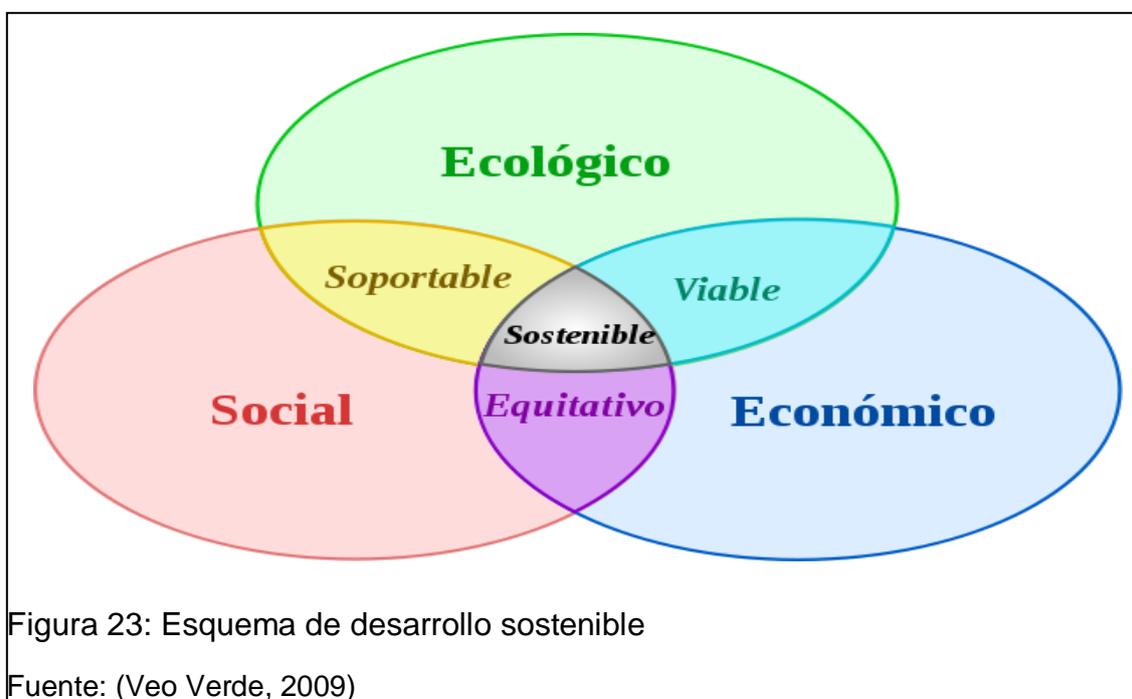


Figura 23: Esquema de desarrollo sostenible

Fuente: (Veo Verde, 2009)

### **3. Capítulo III: Determinación de volúmenes y calidad del agua**

#### **3.1 Línea Base:**

##### **3.1.1 Localización Geográfica**

La ubicación donde se va a realizar el sistema de Captación de Agua Lluvia es en la nueva planta de producción de la empresa Artepiso en el Distrito Metropolitano de Quito, dentro de la Administración Zonal Aeropuerto, en la parroquia Yaruquí, en el sector de Oyambarrillo. El proyecto se encuentra ubicado dentro de la Cuenca hidrográfica del Río Guayllabamba y específicamente dentro de la Micro cuenca del Río Chiche.

##### **3.1.2 Caracterización de la Zona Bioclimática**

- *Bosque seco Montano Bajo*

Esta formación natural corresponde a las llanuras y barrancos secos del callejón interandino entre la cota de los 2000 – 2200 y 3000 msnm. Este piso altitudinal limita con la estepa espinosa Montano Bajo y con el bosque húmedo Montano Bajo.

Sus límites de temperatura fluctúan entre los 12 y 18°C, y recibe una precipitación media anual entre los 500 - 1000 mm. Existe cierta desviación en el total que cae de año en año. Las temperaturas son típicamente templadas en promedio, hasta ligeramente cálidas durante el día, pero frescas y algo frías en la noche. Existen dos meses ecológicamente secos que corresponden a los meses de julio y agosto. (Cañadas, 1983)

- *Matorral seco montano*

Esta formación corresponde a los valles relativamente húmedos entre 1400 y 2600 msnm. La cobertura vegetal está casi totalmente destruida y fue reemplazada hace mucho tiempo por cultivos o por bosques de Eucalipto, ampliamente cultivados en la región. La vegetación nativa generalmente forma matorrales y sus remanentes se pueden encontrar en barrancos o quebradas

en pendientes pronunciadas y en otros sitios accesibles a lo largo de todo el sector.

La zona de estudio presenta un entorno general donde los procesos de intervención antropogénica han provocado el parcelamiento del terreno para el aprovechamiento de los recursos en actividades como agricultura y ganadería. Además, del establecimiento de asentamientos humanos, modificando drásticamente la cobertura vegetal de la misma. En las zonas aledañas al sitio de implantación del proyecto es común encontrar dispersas algunas especies herbáceas, arbustivas y arbóreas nativas y naturalizadas mientras que en quebradas fuera del área de influencia es posible registrar pequeños reductos de vegetación andina las cuales han sido conservadas por el difícil acceso a las mismas.

Las especies arbóreas foráneas de *Pinus radiata* "Pino" (Pinaceae) de uso ornamental y forestal de primera calidad y *Eucalyptus globulus* "Eucalipto" (Myrtaceae) de uso maderable y para reforestación, *Physalis alkekengi* "Farol Chino" de uso ornamental y medicinal así como también *Cupressus macrocarpa* "Ciprés" en el área han sido utilizadas como cercas vivas que rodean el perímetro externo del área de influencia directa y lo separan de los otros predios. (Sierra, 1999.)

### **3.2 Recurso Clima**

El clima de una determinada región se define como el conjunto de características atmosféricas encontradas en dicha región, incluyendo en ella la temperatura, la precipitación, la humedad relativa, evaporación, velocidad del viento y nubosidad.

El proyecto a realizarse se ubica en la provincia de Pichincha en el Distrito Metropolitano de Quito, dentro de la administración Zonal Aeropuerto, donde se ubica la parroquia Yaruqui, está localizado en la región correspondiente a la zona bio – climatológica del Bosque Seco Montano Bajo, esta formación se encuentra dentro del Callejón Interandino tanto en las estribaciones de las Cordilleras Oriental y Occidental los rangos de temperatura media anual esta

alrededor de los 15 °C. La Época Lluviosa por general se extiende por un periodo de 10 meses y en cuanto la estación seca se restringe a los meses de julio y agosto. La formación vegetal respectiva se encuentra alrededor de los 2300 msnm.

La línea base meteorológica ha sido desarrollada de acuerdo a la información contenida y disponible Red de Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ).

Dentro del inventario de estaciones meteorológicas con las que cuenta la REMMAQ, se eligió la Estación “Tumbaco”, debido a es la estación más cercana a la fábrica de pisos y revestimientos de Artepiso, para su elección se tomo en cuenta los siguientes criterios:

- La estación, “Tumbaco”; cuenta con todos los datos meteorológicos para el análisis climatológico del área de estudio.
- El sitio de ubicación de la estación tienen condiciones similares a las del proyecto.
- Está dentro del mismo rango altitudinal que el proyecto 2300 msnm.
- Ésta estación se encuentra alrededor de los 5 km del área del proyecto.

### 3.2.1 Temperatura

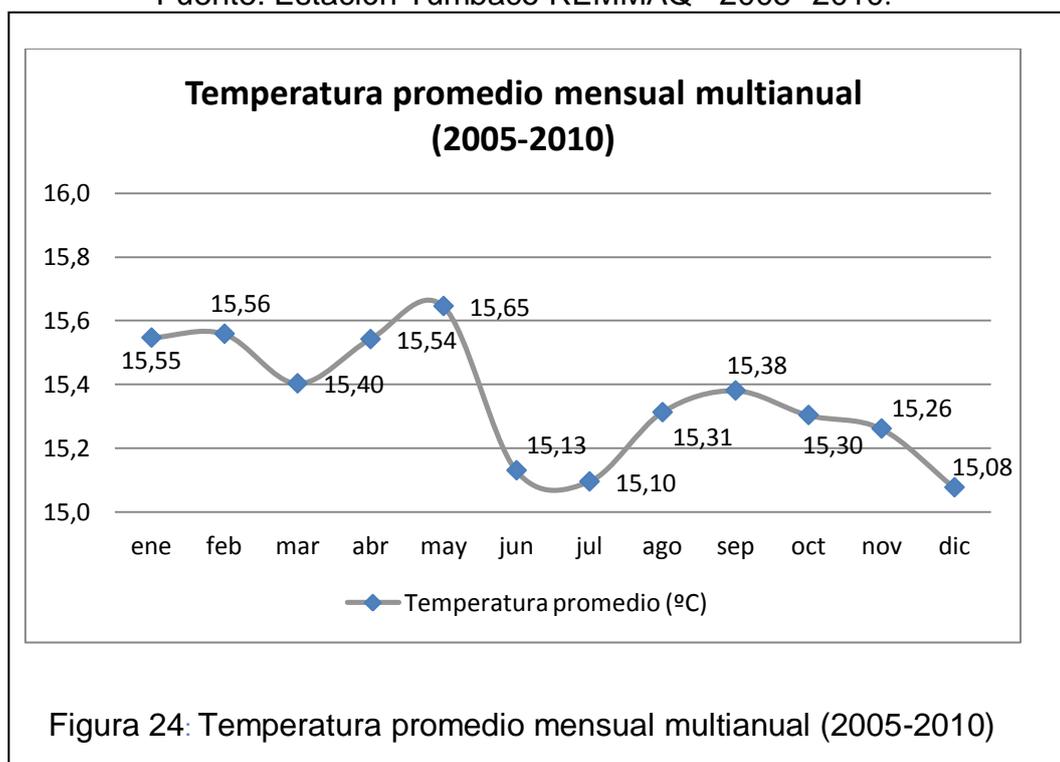
La parroquia Yaruqui se encuentra en la región Sierra, la temperatura en esta zona se establece en un rango de 15°C (promedio mensual), el análisis de los valores obtenidos en la estación Tumbaco arrojó los siguientes resultados:

Tabla 5 Análisis Temperatura

Meses	Temperatura promedio (°C)
Enero	15,55
Febrero	15,56
Marzo	15,40
Abril	15,54
Mayo	15,65
Junio	15,13

Julio	15,10
Agosto	15,31
Septiembre	15,38
Octubre	15,30
Noviembre	15,26
Diciembre	15,08

Fuente: Estación Tumbaco REMMAQ 2005 -2010.



El mes que presenta la temperatura más alta es el mes de mayo con un valor de 15.65°C. Mientras que la temperatura más baja se registró en el mes de diciembre con 15.08 °C.

### 3.2.2 Precipitación

La precipitación es un parámetro importante para el análisis del proyecto de tesis debido a que la cantidad de precipitación que tengamos en la zona, nos permitirá tener la cantidad de agua que podremos utilizar en el proceso de mezclado de pisos y revestimientos de la planta de Artepiso.

En capítulo 2, se explicó el ciclo del agua, donde la precipitación es parte fundamental de este ciclo debido a que es la forma de autodepuración de la atmósfera. La precipitación es cualquier forma de agua que cae sobre la tierra esta puede ser en forma de lluvia, granizo o nieve, es importante separar la

neblina y la niebla debido a que no son parte de la precipitación porque son la condensación por parte de la unión de dos corrientes de aire la una caliente y la otra fría. Hay que indicar que la precipitación siempre es agua dulce.

(teleformacion.edu.aytolacoruna.es, 2007)

El mes que presenta la precipitación más alta es marzo, con un valor de 100.25 mm; mientras que la precipitación más baja se registró en el mes de agosto con 20.10 mm.

Tabla 6: Análisis Precipitación

Meses	Precipitación promedio (mm)
Enero	38,25
Febrero	59,57
Marzo	100,25
Abril	98,70
Mayo	54,82
Junio	36,68
Julio	20,10
Agosto	14,55
Septiembre	23,02
Octubre	76,97
Noviembre	73,30
Diciembre	85,68

Fuente: Estación Tumbaco REMMAQ 2005 -2010

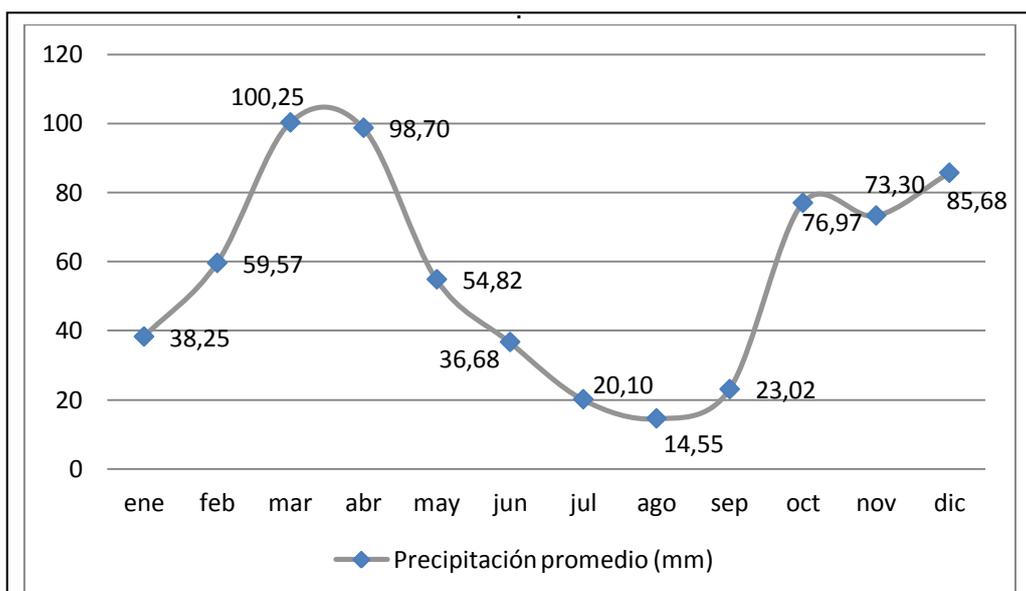


Figura 25: Precipitación promedio mensual multianual (2005-2010)

La información meteorológica disponible, permite concluir sobre la presencia anual de dos épocas estacionales bien diferenciadas: i. la lluviosa y ii. La seca o no lluviosa.

La época lluviosa, comprende los meses de septiembre a junio. Esta época se caracteriza por la mayor cantidad de precipitación anual, la disminución en la intensidad del viento, el incremento en la cantidad de nubosidad y la disminución de radiación solar.

La época seca del año, comprende por lo general a los meses de Julio, Agosto a veces desde la mitad de Junio y la mitad de Septiembre, meses en los cuales se presenta la menor cantidad de precipitación, durante este periodo, los vientos son secos fuertes, la cantidad de radiación solar aumenta, por lo que la nubosidad y la humedad relativa disminuye.

### **3.2.3 Humedad Relativa**

La humedad Relativa es la relación entre la Humedad Absoluta, es decir, el peso en gramos del vapor de agua contenido en un metro cúbico de aire seco y la cantidad de vapor que contendría un metro cúbico de aire seco si estuviese saturado a cualquier temperatura; este valor se representa como un porcentaje.

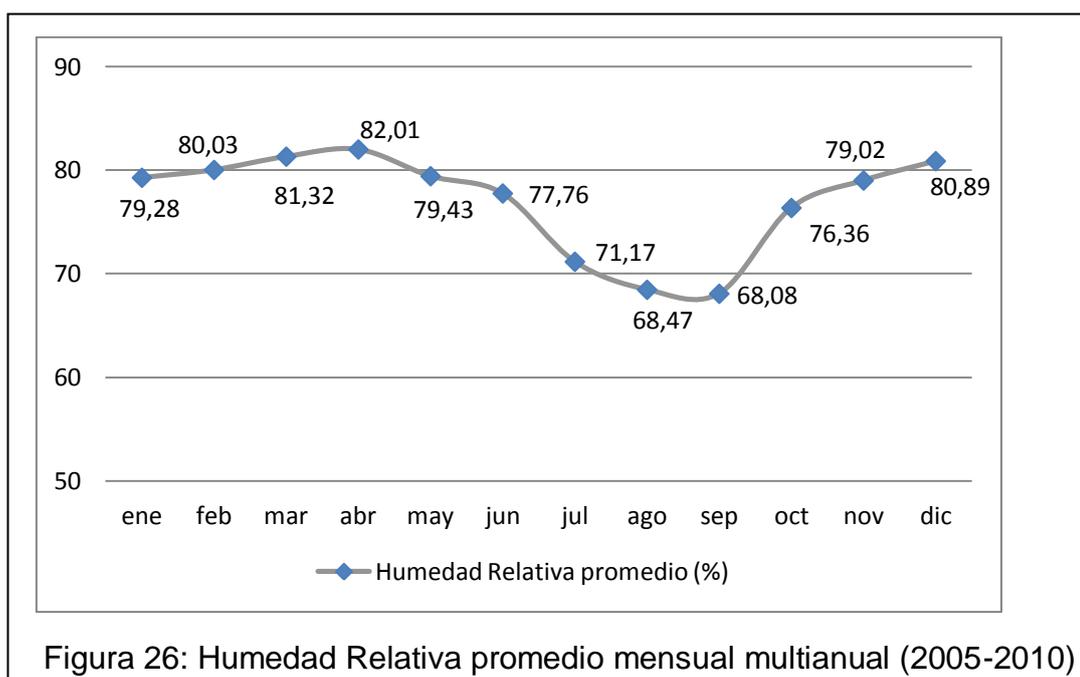
Debido a que el proyecto se encuentra en la formación Bosque Seco Montano Bajo, se puede apreciar que los valores de humedad relativa registrados en el promedio mensual de los años 2005 a 2010 en la Estación "Tumbaco", está en un rango de 65% a 72% lo que identifica la característica fundamental de esta localidad.

El mes que presenta la humedad relativa más alta es abril, con un valor de 82%, mientras que la humedad relativa más baja se registró en el mes de agosto con 68%.

Tabla 7: Análisis Humedad Relativa

Meses	Humedad Relativa promedio (%)
Enero	79,28
Febrero	80,03
Marzo	81,32
Abril	82,01
Mayo	79,43
Junio	77,76
Julio	71,17
Agosto	68,47
Septiembre	68,08
Octubre	76,36
Noviembre	79,02
Diciembre	80,89

Fuente: Estación Tumbaco REMMAQ 2005 -2010.



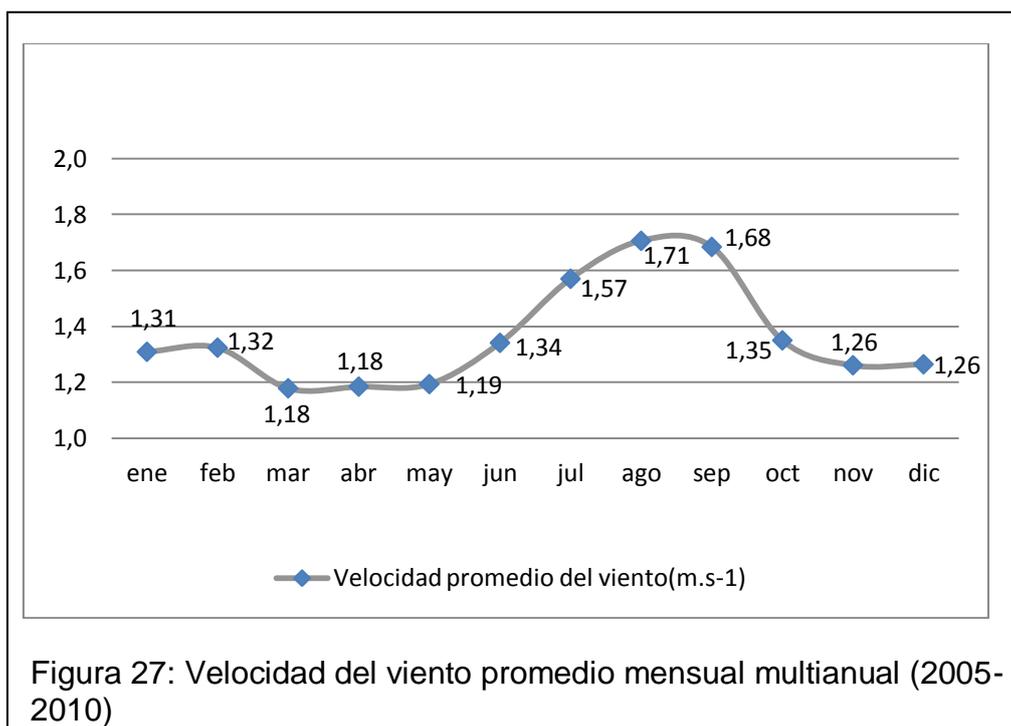
### 3.2.4 Velocidad del viento

El viento se define como el componente horizontal del movimiento del aire, por tanto, este parámetro se determina fundamentalmente por la dirección de la corriente de aire. Este factor a su vez se ve muy influenciado por la topografía del sector. De esta forma el viento es un factor que ejerce influencia sobre los demás factores climáticos.

Tabla 8: Análisis Velocidad del Viento

MES	Velocidad promedio del viento(m.s-1)
Enero	1,31
Febrero	1,32
Marzo	1,18
Abril	1,18
Mayo	1,19
Junio	1,34
Julio	1,57
Agosto	1,71
Septiembre	1,68
Octubre	1,35
Noviembre	1,26
Diciembre	1,26

Fuente: Estación Tumbaco REMMAQ 2005 -2010.



Según los datos, en el mes que existe mayor velocidad del viento es agosto con un valor de 1,71(m/s) y los que presentan menor velocidad del viento son los meses de abril y marzo con el mismo valor de 1,18 (m/s).

### 3.2.5 Radiación Solar

Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol, esta se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, porque las ondas ultravioletas más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la Tierra. Su unidad es el  $W/m^2$  (watio por metro cuadrado).

Tabla 9: Análisis de Radiación Solar

Meses	Radiación solar promedio ( $W.m^{-2}$ )
Enero	173,36
Febrero	171,30
Marzo	164,64
Abril	161,71
Mayo	173,42
Junio	172,82
Julio	190,87
Agosto	196,95
Septiembre	221,01
Octubre	192,22
Noviembre	183,72
Diciembre	170,93

Fuente: Estación Tumbaco REMMAQ 2005 -2010.

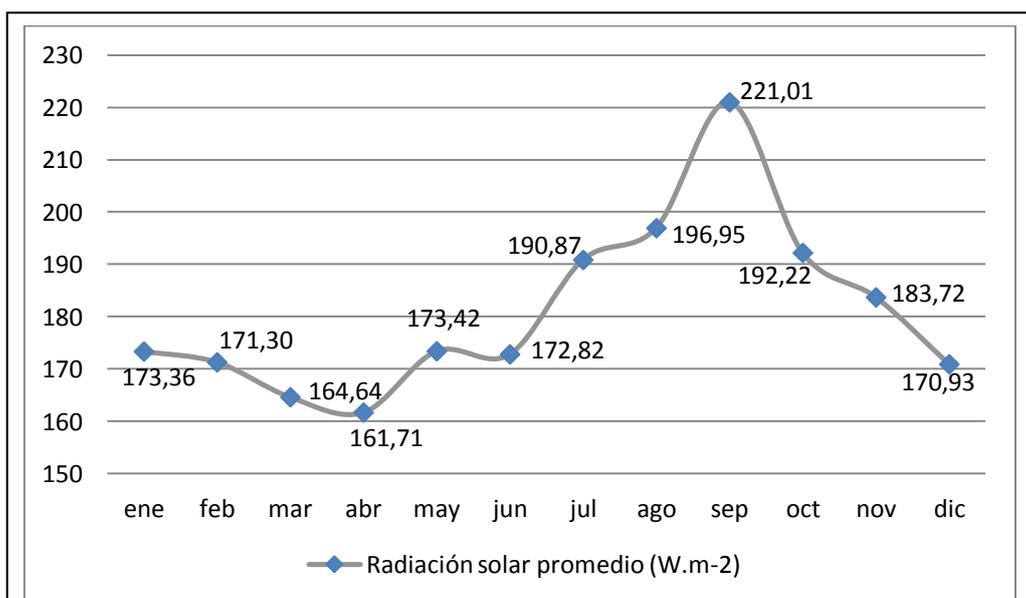
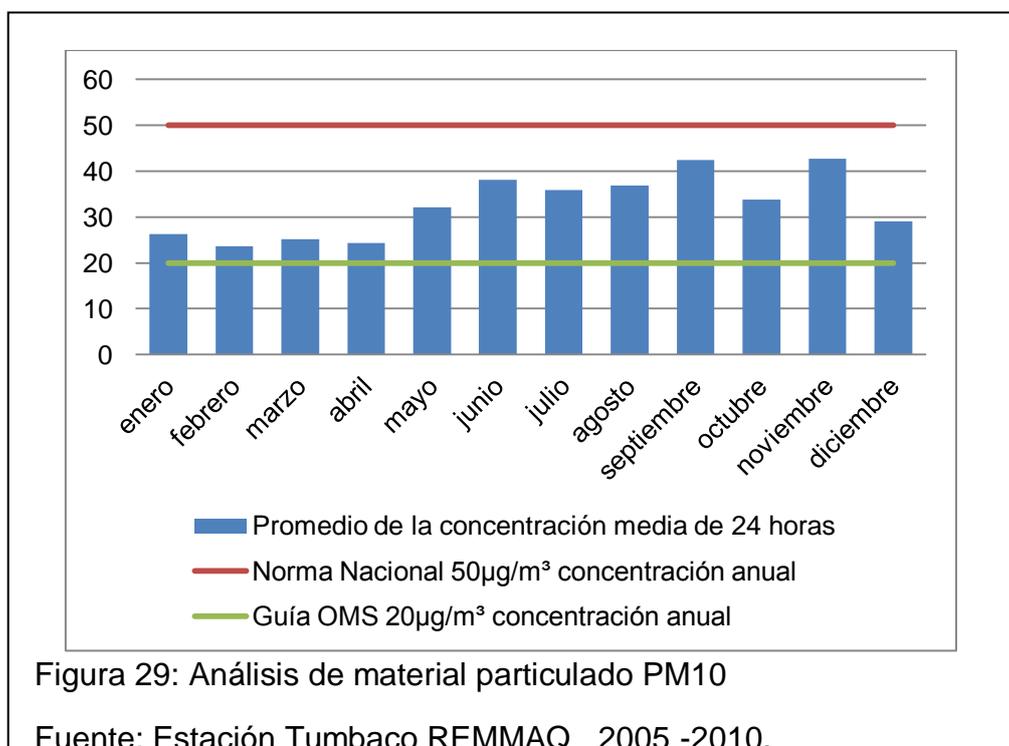


Figura 28: Radiación Solar promedio mensual multianual (2005-2010)

Según los datos, el mes donde existe mayor radiación solar es septiembre con un valor de  $221,01(\text{W}/\text{m}^2)$  mientras el mes con menor radiación solar es abril con un valor de  $161,71 (\text{W}/\text{m}^2)$ .

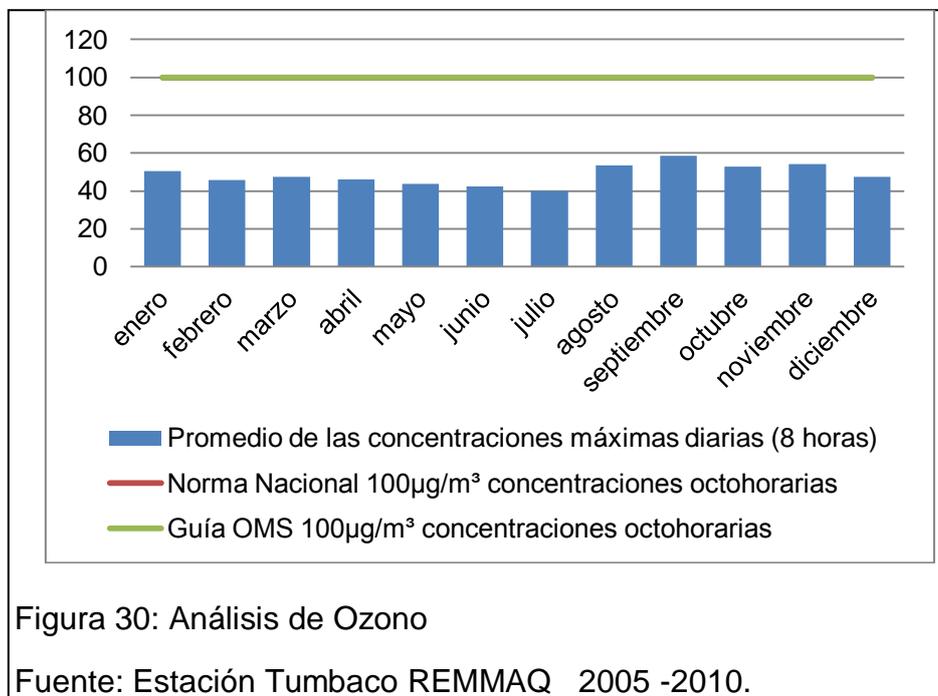
### 3.2.6 Calidad del Aire

La calidad del aire se verifica según las concentraciones que alcanzan ciertos contaminantes en el aire. Para este caso se analizan las variables: concentración de material particulado grueso (PM 10), ozono y dióxido de azufre, que son influenciadas mayoritariamente por la actividad del hombre dentro de una ciudad.

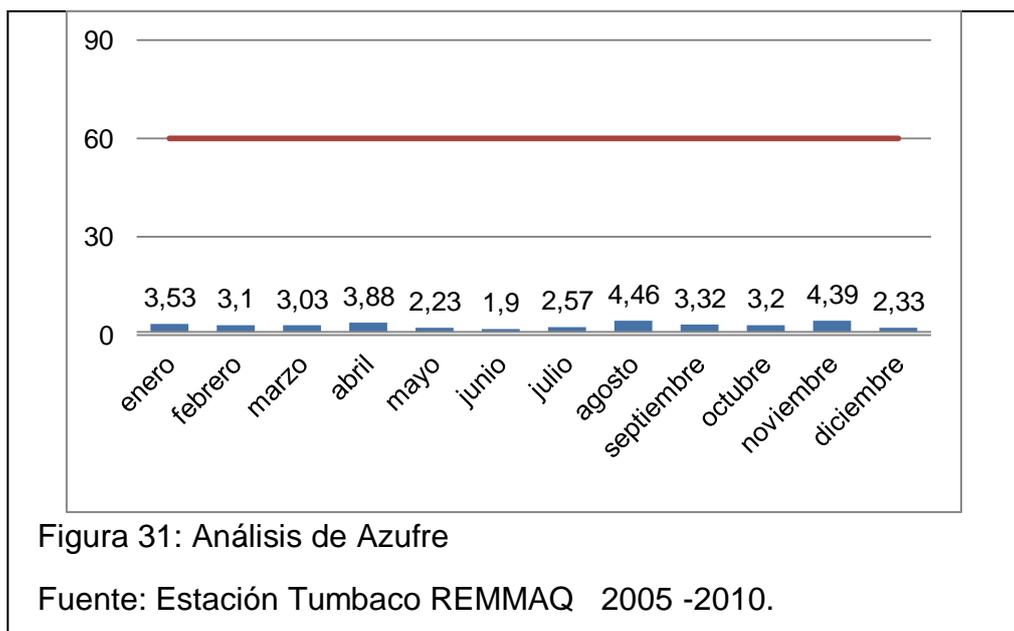


Como se puede observar en el Figura 39, la cual se refiere a la cantidad de material particulado grueso (PM10), valor que corresponde a la concentración de pequeñas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro es menor que  $10 \mu\text{m}$ ; todos los meses sobrepasan al límite de la Guía de la OMS ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Es importante mencionar que esto puede suceder porque a que en los valles del Distrito Metropolitano de Quito, área en cual se ubica en proyecto, es una zona con un alto crecimiento demográfico que deriva en un abundante

movimiento de tierras y construcción de edificaciones, actividades que pueden ocasionar la producción del material particulado grueso.



En el Figura 30 se presenta la cantidad de ozono troposférico medido en la Estación de Tumbaco de la REMMAQ durante los años 2005 – 2010 es el promedio de cada mes durante los 5 años. Cabe mencionar, que el ozono es un contaminante secundario debido a que se forma por la combinación de un contaminante primario como son los óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre y la luz ultravioleta. Es importante indicar que el ozono troposférico tiene una mayor producción cuando existe una mayor radiación solar. Los principales problemas que se pueden presentar en los seres humanos al existir este contaminante en niveles altos es irritación en las vías respiratorias.



Los óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno la mayoría de veces provienen de la mala combustión de automóviles, generadores y maquinaria que utilicen combustibles fósiles. Lo que podemos observar en la Figura 31 es la presencia casi nula de dióxido de azufre que contiene el aire del sector. Como desenlace se puede indicar que en la zona donde se va a desarrollar el Sistema de captación de agua lluvia no existen precipitaciones ácidas, por lo tanto no afectaran al proceso donde será implementado el sistema.

### 3.3 Informe de laboratorio de las muestras de agua

Tabla 10: Análisis físico químico Muestra N°1 del agua lluvia

Ensayo/ Parámetros	Métodos	Resultado
pH (Unid.pH)	Bandas Colorimétricas y comprobación con Jenway 3540	6.7
Temperatura (°C)	Termómetro de mercurio	17,2
Sólidos sedimentables (Ppm)	Cono Imhoff	750
Ensayo/ Parámetros	Métodos	Resultado

Hierro (Fe) (mg/l)	Método colorimétrico 0.010 - 5.00 mg/l Fe Spectroquant	<0.1
Nitratos (mg/l)	Método colorimétrico con tiras de ensayo 0.1 - 0.3 - 0.6 - 1 - 2 - 3 g/l NO <sub>2</sub> -MQuant™	<0.1
Sulfatos (mg/l)	Sulfaver Hach 4500	<0.1

La muestra número uno, fue tomada durante los primeros 30 minutos de lluvia, esto se lo realizó por que los techos acumulan polvo y partículas sedimentables durante el tiempo que no hay precipitaciones. Se tomó en cuenta esta muestra para el diseño del sedimentador.

Tabla 11: Análisis físico químico Muestra N°2 del agua lluvia

<b>Ensayo/ Parámetros</b>	<b>Métodos</b>	<b>Resultado</b>
pH (Unid. pH)	Bandas Colorimétricas y comprobación con Jenway 3540	5.9
Temperatura (°C)	Termómetro de mercurio	16,9
Sólidos sedimentables (Ppm)	Cono Imhoff	125
Hierro (Fe) (mg/l)	Método colorimétrico 0.010 - 5.00 mg/l Fe Spectroquant	<0.1
Nitratos (mg/l)	Método colorimétrico con tiras de ensayo 0.1 - 0.3 - 0.6 - 1 - 2 - 3 g/l NO <sub>2</sub> -MQuant™	<0.1
Sulfatos (mg/l)	Sulfaver Hach	<0.1

La muestra número dos fue recolectada después de 1 hora de precipitaciones constantes, para verificar cuantos sólidos disueltos y sedimentables tenía el agua después de que los techos se limpiarán.

### 3.3.1 Determinación de Sólidos Sedimentables

Método Volumétrico

#### 1. Sólidos Sedimentables

Los sólidos sedimentables son los materiales que sedimentan en una suspensión en un período de tiempo definido en un cono Imhoff.

#### 2. MATERIALES

Cono Imhoff graduado de 1000 mL de capacidad.

#### 3. PROCEDIMIENTO

- i. Verter en el cono Imhoff 1000 mL de muestra perfectamente mezclada. Dejar sedimentar y leer el volumen del sedimento a los 10 minutos en la escala.
- ii. A los 45 minutos, raspar las paredes del cono con varilla de vidrio para desprender las partículas adheridas. Dejar sedimentar 15 minutos más y leer el volumen del sedimento en la escala a los 60 minutos de iniciado el ensayo.

(Standard Method for examination for water and wastewater 18th Edition APHA. 1992.)



Figura 32: Cono de Imhoff

### 3.3.2 Determinación de Temperatura

#### 1. Temperatura

Es una magnitud física que refleja la cantidad de calor o frío, ya sea de un cuerpo, objeto o el ambiente. Este parámetro está vinculado a la noción de frío o calor.

#### 2. MATERIALES

Termómetro de mercurio para agua.

#### 3. PROCEDIMIENTO

- i. Para determinar la temperatura del agua lluvia se colocó la muestra en un balde de plástico, luego introducir el termómetro por 2 minutos dentro del balde con agua lluvia. Este procedimiento se realizó *In Situ* con el objetivo de tomar el valor de la temperatura ese instante.



Figura 33: Termómetro

### 3.3.3 Determinación de pH

#### 1. Potencial Hidrógeno (pH)

Es la medida que nos ayuda a determinar la acidez o alcalinidad de una determinada sustancia. Específicamente se refiere al potencial hidrogeno que presentan las sustancias.

#### 2. MATERIALES

Bandas Colorimétricas de Macherey Nagel

#### 3. PROCEDIMIENTO

- i. Para determinar el pH del agua lluvia se colocó las bandas colorimétricas dentro de un balde con agua lluvia *In Situ*, es decir en el momento de la recolección. Para que al almacenar la muestra no se altere su valor.

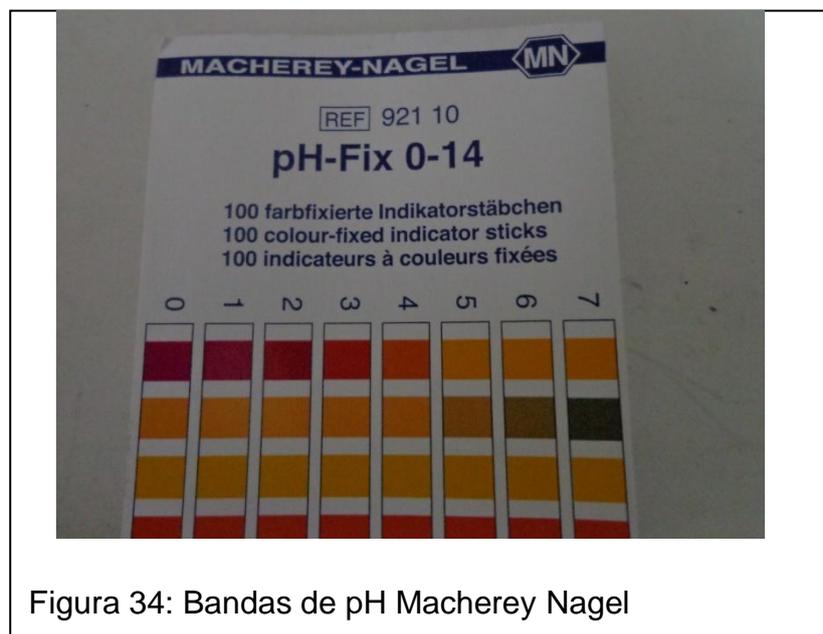


Figura 34: Bandas de pH Macherey Nagel

### 3.3.4 Determinación de sulfatos

#### 1. Método SulfaVer

Los iones de sulfato en la muestra reaccionan con el bario en el reactivo de sulfato SulfaVer 4 y forman una turbidez de sulfato de bario insoluble. La cantidad de turbidez formada es proporcional a la concentración de sulfato.

#### 2. Materiales

Espectrofotómetro HACH 4500

Reactivo SulfaVer

#### 3. PROCEDIMIENTO

- i. Llenar tres probetas con 25 ml de muestra.
- ii. Romper el cuello de una ampolla Voluette, solución patrón de sulfato de 2500 ppm/l  $\text{SO}_4$ .
- iii. Utilice una pipeta Ten Sette agregar 0,1, 0,2 y 0,3 ml de solución patrón a las tres muestras de 25 ml y mezclar bien. Para las ampollas AccuVac, transferir el contenido a frascos limpios y secos de 50 ml.

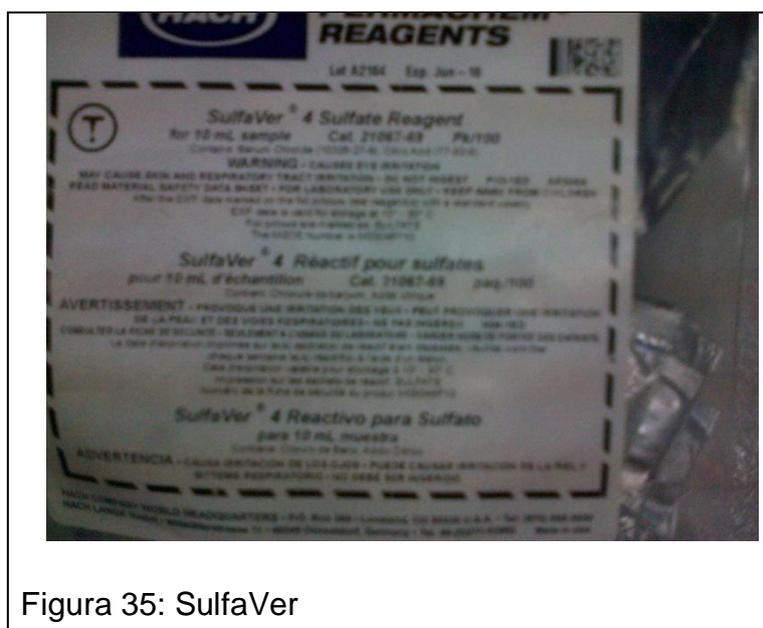


Figura 35: SulfaVer

### 3.3.5 Determinación de nitratos y nitritos

#### 1. Método colorimétrico con tiras de ensayo NO<sub>2</sub>-MQuant™

La prueba puede utilizarse en la determinación de nitrito y nitrato para el análisis ambiental en aguas crudas o tratadas. Las tiras de ensayo Merck Millipore le permiten determinación semicuantitativa del contaminante con ahorro de tiempo y reactivos.

#### 2. Materiales

Bandas Colorimétricas Merck Millipore

#### 3. PROCEDIMIENTO

Se realizó en base a las hojas técnicas como estable el fabricante del test. EL procedimiento es idéntico al de las bandas de pH de Macherey Nagel, insertar la banda dentro de un recipiente con agua.



### 3.3.6 Determinación de hierro

#### 1. Método colorimétrico de Merck Microquant

El ensayo evalúa la reacción del color de acuerdo con en el método de la luz transmitida, esto hace posible analizar agua con altos contenidos de sólidos disueltos y sólidos sedimentables.

#### 2. Materiales

Kit colorimétrico de Hierro Merck Microquant

#### 3. PROCEDIMIENTO

- i. Llenar la jeringa con 20 ml de muestra.
- ii. Mezclar con la solución patrón de hierro.
- iii. Colocar la solución en un recipiente transparente para luego contrastar con el Comparador de Color.



Figura 37: Test Hierro

### 3.3.7 Resultados de los análisis del laboratorio

Se realizó el análisis de estos parámetros, porque en una entrevista con el Jefe de Producción de la Planta de Artepiso, se indicó que si existía acidez o alcalinidad muy alta, se podía ver afectada la pigmentación de los pisos y revestimientos. Por esta razón, se decidió analizar el pH para de esta manera verificar la acidez o alcalinidad del agua lluvia. Además se analizó sulfatos, nitratos y nitritos porque al ser mezclados con el agua pueden generarse ácidos.

Del mismo modo, se comprobó que por el momento no existe lluvia ácida en el sector, pero se sugiere monitorear el pH del agua después de un par de años, ya que en ciudades industrializadas y con alto tránsito vehicular es muy común que exista lluvia ácida.

Igualmente, al realizar las dos muestras de agua en diferente tiempo, quedo demostrado que efectivamente el agua contiene más sólidos sedimentables durante la primera media hora; y, que será necesario implementar un sistema que evite el paso de sedimentos y hojarasca hacia la tubería y la cisterna. Dentro del capítulo 5 se presentan algunas maneras de sobrellevar el inconveniente.

Como conclusión del análisis cualitativo del agua, mediante fuentes bibliográficas e investigación en campo, se puede decir que la calidad del agua lluvia en el sector donde se encuentra ubicada la Planta de Artepiso, es apta para ser utilizada en el proceso de mezclado para la fabricación de pisos y revestimientos.

## 4. Capítulo IV: Análisis Financiero

### 4.1 Análisis de resultados

Esta subcapítulo presenta los cálculos realizados para obtener el volumen mensual necesario para la nueva planta de Artepiso y el volumen que aportaría el sistema de captación de agua lluvia, es decir la cobertura que daría el sistema al proceso de mezclado en pisos y revestimientos.

#### 4.1.1 Fórmulas:

Se presentan las ecuaciones con las que se obtuvo volumen de agua que necesita actualmente en la planta de Artepiso, como la cantidad de agua se necesitará en el futuro.

#### 4.1.2 Cálculo del volumen

El volumen de agua utilizado, siempre es de 45 L para realizar 12 m<sup>2</sup> de pisos de un grosor 1,5 cm; 8 m<sup>2</sup> de pisos de un grosor de 2 cm; 5,30 m<sup>2</sup> de revestimientos de 2 cm y 4,12 m<sup>2</sup> de revestimientos de 3cm. Por lo tanto convertimos los 45 L en metros cúbicos.

$$45 L * \frac{1 m^3}{1000 L} = 0,045 m^3 V_{agua}$$

Para la relación de volumen de agua sobre volumen de material dividimos los 0,045 m<sup>3</sup> de agua sobre el volumen de material. Primero es necesario convertir el espesor del piso que está en centímetros a metros.

$$\text{Piso grosor de } 1,5 cm * \frac{1 m}{1000 cm} = 0,015 m$$

Tabla 12 Conversión del grosor a metros

Piso	
Grosor (cm)	Grosor (m)
1,5	0,015
2	0,02
Revestimiento	
Grosor (cm)	Grosor (m)
2	0,02
3	0,03

Luego multiplicamos el grosor en metros del piso o revestimiento por la cantidad de metros que se producen en un lote con 45 L para obtener el volumen del material.

$$0,015 \text{ m} * 12 \text{ m}^2 = 0,18 \text{ m}^3 V_{\text{material}}$$

$$0,02 \text{ m} * 8 \text{ m}^2 = 0,16 \text{ m}^3 V_{\text{material}}$$

$$0,02 \text{ m} * 5,30 \text{ m}^2 = 0,11 \text{ m}^3 V_{\text{material}}$$

$$0,03 \text{ m} * 4,12 \text{ m}^2 = 0,12 \text{ m}^3 V_{\text{material}}$$

Con el volumen del material específico por cada grosor, lo dividimos para el volumen de agua.

$$0,045 \text{ m}^3 V_{\text{agua}} \div 0,18 \text{ m}^3 V_{\text{material}} = 0,25 \frac{V_{\text{agua}}}{V_{\text{material}}}$$

Tabla 13 Volumen de agua / Volumen de material

Material	Volumen de Agua (m <sup>3</sup> )	Volumen de material (m <sup>3</sup> )	Volumen de agua / volumen de material (m <sup>3</sup> )
Piso	0,045	0,18	0,25
	0,045	0,16	0,28
Revestimiento	0,045	0,11	0,41
	0,045	0,12	0,38

Determinamos el área total de los pisos y revestimientos producidos con 45 L de agua.

$$12 + 8 + 4,12 + 5,30 = 29,42$$

Posteriormente determinamos el volumen del material producidos con 45 L de agua.

$$0,18 + 0,16 + 0,12 + 0,11 = 0,57$$

Es importante conocer que la producción mensual total entre pisos y revestimientos es de 20000 m<sup>2</sup> y se distribuyen de la siguiente manera: 20% pisos de 1,5 cm; 20% pisos de 2 cm; 30% revestimientos de 2 cm; 30% revestimientos de 3 cm.

A continuación tenemos el volumen total de pisos y revestimientos.

$$\frac{20000 \text{ m}^2 * 0,57 \text{ m}^3}{29,42 \text{ m}^2} = 387,22 \text{ m}^3$$

Es necesario obtener primero el volumen mensual de pisos y revestimientos para poder calcular el volumen de agua mensual necesario; y se lo calcula de la siguiente forma.

$$0,2\% * 387,22 \text{ m}^3 = 77,44 \text{ m}^3$$

Tabla 14 Volumen de material mensual

Material (cm)	Porcentaje del Total (%)	Volumen total de material mensual (m <sup>3</sup> )	Volumen de material mensual (m <sup>3</sup> )
Piso 1,5	20	387,22	77,44
Piso 2	20	387,22	77,44
Revestimiento 2	30	387,22	116,17
Revestimiento 3	30	387,22	116,17

En seguida se multiplica el volumen mensual de cada material por la relación de volumen de agua y volumen de material.

$$77,44 \times 0,25 = 19,36 \text{ m}^3$$

$$77,44 \times 0,28 = 21,78 \text{ m}^3$$

$$116,17 \times 0,38 = 44,14 \text{ m}^3$$

$$116,17 \times 0,41 = 47,63 \text{ m}^3$$

Por último se suma los volúmenes de agua mensual de cada material para tener el volumen mensual total necesario de agua que es 132,91 m<sup>3</sup>.

Debido a que la empresa incrementará aproximadamente al doble su producción, los metros cúbicos necesarios serán de 265,83.

Tabla 15 Volumen de Agua recolectada mensualmente

Meses	Volumen de agua (m <sup>3</sup> )
Enero	114.52
Febrero	178.34
Marzo	300.14
Abril	295.50
Mayo	164.12
Junio	109.83
Julio	60.18
Agosto	43.56
Septiembre	68.91
Octubre	230.43
Noviembre	219.46
Diciembre	256.53
Promedio	170.13
Total	2211.65

A continuación, se explica la cobertura que le dará el sistema de captación de agua lluvia al proceso de mezclado para la elaboración de pisos y revestimientos. Para obtener el porcentaje de cobertura se tomó como el 100% a los 265,83 m<sup>3</sup>/mensuales teniendo así que en el mes de marzo que se obtiene 300,14 m<sup>3</sup>/mensuales se tiene una cobertura de 113,27%. En promedio se obtiene una cobertura del 64,08 %. Además en el mes de abril también se obtiene una cobertura del 111% aproximadamente. En los meses de octubre, noviembre y diciembre se alcanza una cobertura promedio de esos 3 meses del 90% aproximadamente.

Tabla 16: Cobertura del sistema de captación de agua lluvia

PLUVIOSIDAD	DISPONIBILIDAD (m³)	COBERTURA (%)
Máximo	300,14	113,28
Promedio	170,13	64,08
Mínimo	43,65	16,44

## 4.2 Análisis Económico del Sistema de Captación de Agua Lluvia

La construcción total de de los galpones tiene 2293 m<sup>2</sup> y cuesta \$119720 dólares, este valor no está dentro de la inversión inicial porque es necesario tener cubierta el área de producción, el área de almacenamiento de materia prima y la bodega del producto final.

### 4.2.1 Inversión inicial:

Costos de construcción sistema de recolección (tubería):

Tabla 17 Costo de la tubería

Material	Costo
3 metros de tubo PVC de 4 pulgadas	14.17
Codo PVC de 4 pulgadas de desagüe	3.16
Unión PVC de 4 pulgadas de desagüe	3.16
3 metros de tubo PVC de 6 pulgadas	30.44
Codo PVC de 6 pulgadas de desagüe	14.60
Unión PVC de 6 pulgadas de desagüe	12.78

Gasto total en tubería 1500, se adjunta proforma. En el Anexo 2 se puede observar la Proforma de tubería

Costos de construcción de cisterna (sistema de almacenamiento): \$ 5579.53 dólares, se adjunta proforma. (Anexo 3: Proforma cisterna)

Costo Bomba: \$ 1000 dólares se encuentra dentro de la proforma de la cisterna. Se tomo un valor promedio referencial de bombas de 1,5 hp esto dependerá obviamente de la marca de la bomba.

#### 4.2.2 Costos de operación:

En la Tabla 18 se presenta el costo de operación del sistema de captación de agua lluvia en cuanto a personal necesario. El sueldo de los trabajadores sería \$ 320 dólares mensuales, es decir \$ 2,33 dólares la hora, incluidos los dos sobresueldos anuales.

Tabla 18 Costo de operación del sistema de captación de agua lluvia

Mantenimiento	Horas Trabajadas	Valor Anual (\$)
Techos	96	224
Tuberías y Canaletas	96	224
Bomba	8	18,67
Cisterna	96	224

#### 4.2.3 Ganancia:

Anualmente se recolectan 2212 m<sup>3</sup> y el metro cúbico de agua en el sector de Oyambarrillo \$ 0,6 el m<sup>3</sup>. Se adjunta copia del agua. (Anexo 4: Copia de la planilla del agua del sector)

Tabla 19: Desglose de la inversión inicial del Sistema de Captación de Agua Lluvia

Cisterna	5579.53
Bomba	1000
Tubería	2116.24
Total costo de inversión inicial	8695.77

Tabla 20: Balance de ingresos y gastos del Sistema de Captación de Agua Lluvia

Años	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
AHORRO (INGRESO)		1327	1370	1414	1460	1507	1555	1605	1657	1710
(-) COSTO OPERACIÓN		-691	-713	-736	-760	-784	-809	-835	-862	-890
(-)COSTO DE MANTENIMIENTO		-60	-62	-64	-66	-68	-70	-73	-75	-77
INVERSION INICIAL	-8696									
BENEFICIO NETO	-8696	577	595	614	634	654	676	697	720	743

Años	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
AHORRO (INGRESO)	1765	1822	1881	1941	2004	2068	2135	2204	2275	2348
(-) COSTO OPERACIÓN	-919	-948	-979	-1010	-1043	-1076	-1111	-1147	-1184	-1222
(-)COSTO DE MANTENIMIENTO	-80	-82	-85	-88	-91	-94	-97	-100	-103	-106
BENEFICIO NETO	767	792	817	843	870	899	927	957	988	1020

Años	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
AHORRO (INGRESO)	2424	2502	2582	2665	2751	2840	2931	3025	3123	3223
(-) COSTO OPERACIÓN	-1261	-1302	-1344	-1387	-1432	-1478	-1525	-1574	-1625	-1677
(-)COSTO DE MANTENIMIENTO	-110	-113	-117	-120	-124	-128	-133	-137	-141	-146
BENEFICIO NETO	1053	1087	1122	1158	1195	1234	1273	1314	1357	1400

Tabla 21: Valores utilizados para el cálculo del VAN y el TIR

Total costo de operación personal	\$ 690,67
Costo Mantenimiento Bomba	\$ 60,00
Total	\$ 986,66
Tasa de Inflación	3,22%
Inversión Inicial	\$ 8695,77
Tasa de descuento	7,75%
Ahorro (Ingreso)	\$ 1327,20

En las tablas 19, 20 y 21 se presenta, un resumen de los valores que se utilizaron para calcular el valor neto actual (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) del sistema de captación de agua lluvia. En los que se especifica la tasa de inflación actual, para el año 2013 obtenida del informe trimestral del banco central del mismo año. Este valor de la tasa inflación nos sirve como una referencia para el incremento de los costos de operación y el incremento del valor del agua potable que en el caso del Sistema de Captación de Agua Lluvia se lo toma como la ganancia.

Para el cálculo del valor actual neto (VAN), se debe incluir la tasa de descuento que es la tasa de interés anual (4.53%) que el banco paga por mantener una cantidad de dinero en ahorro más el valor de inflación que es 3.22% que se asume como riesgo, lo que en total da un 7.75 %. Es importante que la tasa se calcule de esta manera para que el proyecto sea atractivo y económicamente viable, llamando la atención de la empresa a invertir.

Este análisis económico del VAN y el TIR se realizó mediante la aplicación de estas formulas utilizando el programa Excel de Microsoft Office. Al emplear las fórmulas del VAN y el TIR los resultados fueron los siguientes.

Tabla 22 VAN y TIR

Valor Actual Neto (VAN)	\$368,74 dólares en 30 años
Tasa Interna De Retorno (TIR)	8% en 30 años

Es importante mencionar que mediante la aplicación de las fórmulas del VAN y el TIR el proyecto no es viable, razón por la que esto ocurre es por el costo tan bajo del agua potable en Ecuador, lo que produce como consecuencia que el ahorro en el consumo de agua potable no es representativo; es por eso que proyectos como la captación de agua lluvia no es interesante para empresas ecuatorianas porque no representa una ganancia inmediata.

Al realizar el análisis económico con fórmulas tradicionales como el VAN y TIR, no se puede estimar el valor intrínseco del agua, ya que si bien es un recurso renovable se puede convertir en un recurso escaso y de difícil acceso para la población, por varios motivos como un manejo inadecuado o un uso indiscriminado.

A continuación, se presenta un análisis económico con la aplicación de conceptos que actualmente están en boga como es el marketing ambiental y la economía ambiental mediante la aplicación de conceptos de los valores intrínsecos.

### **4.3 Marketing Ambiental**

Lo que busca este proyecto de tesis es implementar una imagen amigable con el medio ambiente, a partir de la implementación del marketing ambiental o ecológico; en un primer momento definir de forma general al Marketing Ambiental.

Esto quiere decir, buscar en sus productos, procesos, transporte o materia prima nuevas oportunidades de mejora que generen un menor impacto al medio ambiente; tener un mejor aprovechamiento de la materia prima. Seleccionar materia prima que no provenga de recursos naturales no renovables. Promover campañas de reforestación. Incluir procesos de producción más limpia dentro de la empresa, para que sus productos finales puedan tener un valor ecológico. Preservar o ayudar a preservar bosques y áreas protegidas.

El Marketing ambiental se está convirtiendo en una tendencia con gran importancia a nivel mundial. Varios análisis indican que empresas que no acojan

estas tendencias de crear productos amigables con el medio ambiente irán desapareciendo, debido a varios problemas que han surgido al tema ambiental, como los derrames en la selva amazónica o en el golfo de México; que han despertado en la mente de las personas una conciencia ambiental. Por tal motivo se han establecido nuevas conductas buscando reducir la huella ecológica. Es por esto que al adquirir una imagen amistosa con el medio ambiente, los productos podrán salir de mejor manera hacia el mercado y ser más atractivos para el consumidor.

Actualmente, los consumidores todavía creen que los productos ecológicos no tienen la misma calidad que los productos normales, por que se piensa que los productos ecológicos utilizan menor cantidad de material que los productos tradicionales, pero es percepción ya que utilizan de una mejor manera o le dan un mejor aprovechamiento a la materia prima. En otras ocasiones no se utiliza una materia prima diferente, sino se extrae de diferente manera para que haya un impacto ambiental menor, por lo cual esta idea de que productos tradicionales tienen mayor eficacia, muchas veces es errónea.

El objetivo de esta investigación está en innovar e incluir un sistema de captación de agua lluvia dentro del proceso productivo de la empresa Artepiso, porque comúnmente estos sistemas han sido utilizados en escuelas, casas o lugares de difícil acceso a los cuales no llega el agua potable, lo que hace que sea incluido pocas veces dentro de empresas.

Al implementar el proyecto, lo que se desea es aprovechar de una manera sustentable el agua, es decir dejando de utilizar el agua potable, ya que el proceso de mezclado no necesita de mayor de calidad físico-química ni biológica.

Al efectuar esta propuesta innovadora lo que también se quiere es darle un valor agregado al producto final. Utilizando el marketing ambiental se podrá atraer consumidores ecológicos, con lo cual el producto tendrá una mayor aceptación en la sociedad y será elegido por encima de su competencia.

Como dicen los estudios efectuados en Europa, la motivación de los consumidores al adquirir productos ecológicos o también llamados verdes es de un 30% por prestigio/calidad, 27% por imagen y 24% por ser ecológicos, completando el 100% con otras motivaciones como por moda, recomendaciones, entre otras. (Ecomark, 2012)

Como complemento del análisis económico se realizó el VAN y el TIR en Paris, Francia donde el costo del metro cúbico es de \$ 4,04 dólares; y estos fueron los resultados.

Tabla 23 Balance de ingresos y gastos del Sistema de Captación de Agua Lluvia

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
AHORRO (INGRESO)		8,935	9,223	9,520	9,826	10,143
(-) COSTO OPERACIÓN		(691)	(713)	(736)	(760)	(784)
(-)COSTO DE MANTENIMIENTO		(60)	(62)	(64)	(66)	(68)
INVERSION INICIAL	(8,696)					
BENEFICIO NETO	(8,696)	8,184	8,448	8,720	9,001	9,291

Tabla 24 VAN y TIR

Valor Actual Neto (VAN)	\$ 26221,10 en 5 años
Tasa Interna De Retorno (TIR)	93% en 5 años

Como se puede observar en las Tablas 23 y 24 la inversión es recuperada y se obtiene una ganancia en tan solo 5 años de operación del sistema. Claramente se evidencia que si el costo del agua aumenta el proyecto es viable y tiene una alta rentabilidad.

## 5. Capítulo V: Estructura y diseño del SCAPT

### 5.1 Superficies de Captación

Se consideró que las superficies de captación del sistema en este caso serían los techos de los galpones de la nueva planta de Artepiso Cía. Ltda. A continuación se presentan una descripción breve de los materiales de los cuales están hechos, sus dimensiones y el mantenimiento preventivo que se les dará.

#### 5.1.1 Materiales

La superficie de captación que en este caso son los techos de los galpones se encuentran contruidos con planchas de zinc.

La estructura de los galpones es de vigas de acero.

#### 5.1.2 Dimensiones

Los galpones tienen diferentes áreas por lo que se detalla a continuación por galpones y de la manera que se encuentran distribuidos.

Tabla 25 Dimensiones de los Galpones

Número de Galpón	Tamaño del Galpón (m <sup>2</sup> )	Dimensiones de los Galpones (Largo*Ancho*Alto)	Área utilizada
Galpón 1	734,55	48,97*15*5	Empaque y bodegaje del producto final
Galpón 2	718	47,90*15*5	Empaque y bodegaje del producto final
Galpón 3	222	14,90*15*5	Recepción y almacenamiento de materia prima

Número de Galpón	Tamaño del Galpón (m <sup>2</sup> )	Dimensiones de los Galpones (Largo*Ancho*Alto)	Área utilizada
Galpón 4	216	14,50*15*5	Recepción y almacenamiento de materia prima
Galpón 5	689	45,95*15*5	El proceso de secado y fijación de color.
Galpón 6	412	27,50*15*5	Área de producción

Todos los galpones tienen la misma altura de 5 m desde el suelo del galpón. Pero se encuentran a un desnivel con respecto al terreno, el galpón número 6 se encuentra más abajo que el resto. Esto ocurre por el desnivel propio que presenta el terreno.

Además todos los galpones tienen el mismo ancho que es de 15 m, lo que diferencia es su longitud.

### 5.1.3 Mantenimiento

Se deberá dar un mantenimiento preventivo a los techos para evitar la acumulación de hojarasca y otros sólidos. El mantenimiento se realizará con una herramienta de mango extensible como las que se utiliza para limpiar vidrios, que permita retirar el polvo y otros escombros que se encuentren en el techo. El mantenimiento se realizará 1 vez al mes durante 8 horas, es decir un día de trabajo, este trabajo estará a cargo de un empleado de la misma empresa. En caso de que las superficies de captación, es decir los techos, requieran un mayor tiempo de limpieza en las épocas de inviernos para evitar taponamiento en todo el sistema, se aumentará el tiempo de mantenimiento en estos meses y se disminuirá el tiempo de mantenimiento en los meses de verano. Cabe recalcar que

los tiempos de limpieza son solamente estimados y deberán ser verificados en campo en el momento que se realice la limpieza.

## 5.2 Sistema de conducción

El sistema de recolección de agua lluvia está integrado de 2 partes las canaletas que van junto a los techos, y de la tubería que conduce el agua hacia el lugar de almacenamiento también conocido como cisterna.

Para representar gráficamente las superficies de captación y el sistema de recolección, en la Figura 39 se presenta un diseño realizado en Autocad, con la forma y el diseño que tienen, en el gráfico se detallan las dimensiones de las tuberías y como se encuentran colocadas las canaletas con respecto a los techos.

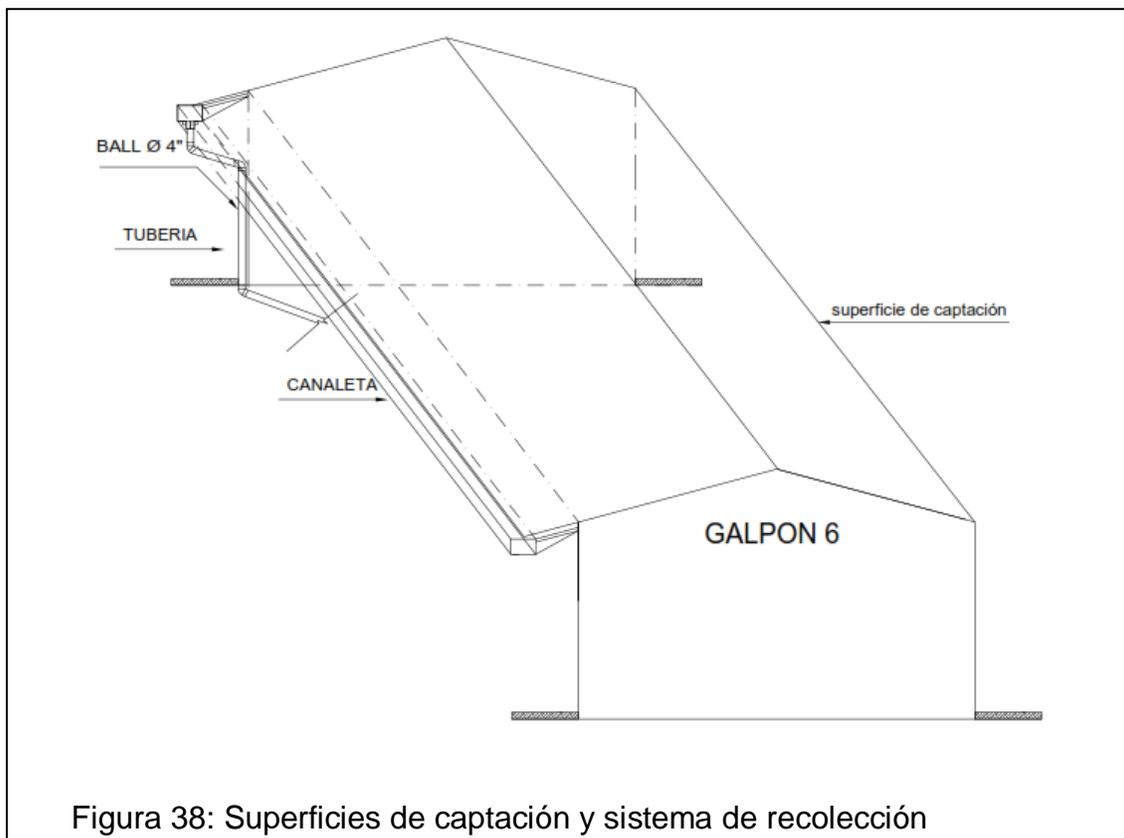


Figura 38: Superficies de captación y sistema de recolección

### **5.2.1 Dimensiones:**

La canaleta está hecha de aluminio y zinc, tienen un ancho de 15 cm y una altura de 8 cm. La tubería es de PVC con un diámetro de 4 pulgadas.

### **5.2.2 Mantenimiento**

El sistema de recolección, las canaletas colocadas a los extremos de los techos y las tuberías tendrán mantenimiento 2 veces al mes la primera en el momento que se realice el mantenimiento a los techos y la segunda se aprovechará para revisar que no exista ninguna obstrucción tanto en las canaletas, como en las tuberías. Las tuberías que se encuentren más cercanas al sistema de almacenamiento serán de fácil remoción para que cuando se realicen mantenimientos sean fáciles de limpiar y así se evite de alguna manera el paso de sólidos suspendidos en el agua como polvo, y otros.

En caso de que las canaletas y tuberías sufran de taponamientos, ya en la ejecución del proyecto se deberá incrementar el número de veces al mes en que se realizará la limpieza de las mismas.

## **5.3 Filtración**

Se complementará al sistema de captación de agua lluvia con un sistema de cribado, también conocido de filtración. Inicialmente, este sistema contenía dos elementos rejillas y un sedimentador, pero después de realizar el diseño del sedimentador se determinó que debido al caudal del agua lluvia y a su intensidad, no sería necesario implementar el sedimentador. Solamente con las rejillas sería suficiente para remover la mayor cantidad de sólidos que se encuentren suspendidos en el agua lluvia y el restante será removido con el mantenimiento preventivo de los otros sistemas.

A continuación, se presentan los cálculos para el diseño del sedimentador y las especificaciones de las rejillas, como sistemas utilizados para el mejoramiento de la calidad del agua, que será empleada en el proceso de mezclado de la elaboración de pisos y revestimientos, que cuentan con dos etapas.

### 5.3.1 Rejillas

Se colocará varias rejillas de malla, entre 0,5 y 1 mm de longitud entre los orificios para obstruir el paso de hojarasca, polvo y otro tipo de desechos o escombros que pudieran pasar a las tuberías. Estas rejillas serán colocadas al final de cada canaleta, para que así atrape todos los escombros. Además, se colocará una rejilla antes de la caja de revisión, para evitar el posible paso de material suspendido dentro del agua lluvia y así evitar el paso de los mismos hacia la cisterna.

### 5.3.2 Sedimentador

Los cálculos presentados a continuación se realizaron para el diseño e implementación de un sedimentador que permitiera la disminución de sólidos sedimentables en el agua lluvia.

Pero el caudal requerido para diseñar un sedimentador es de aproximadamente de 0.5 m<sup>3</sup>/s y lamentablemente el caudal que se obtiene de agua es mucho menor, por lo que se realizó los cálculos para comprobar que no era necesario la construcción de un sedimentador en este tipo de sistemas y que con la implementación de rejillas sería suficiente para solucionar el problema de sólidos en el agua lluvia.

Solamente con la aplicación de la Ley de Stokes donde se asigna al tamaño de partícula una velocidad de sedimentación, con la cual se calcula el área de la superficie del sedimentador, se comprueba si es que no es necesario implementarlo. Para el sistema de captación de agua lluvia la partícula que corresponde es arena fina con un  $T_p = 0,005 \text{ cm}$  que tiene una velocidad de sedimentación de 0,3 m/s.

$$V_s = 0,3 \text{ m/s} ; Q = 8,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_s = \frac{Q}{V_s} = \frac{8,3 \times 10^{-5}}{0,3}$$

$$As = 2,76 \times 10^{-4} m$$

Después de la aplicación de la fórmula se puede concluir que debido al caudal y por lo tanto al área de superficie del sedimentador bastante pequeña no es necesario construir un sistema de sedimentación.

### **5.3.3 Mantenimiento para las rejillas**

El mantenimiento para este sistema de rejillas se lo realizará cada vez que se limpien las canaletas manualmente. Además se revisará en épocas de lluvia para evitar que estas colapsen y que el agua pueda tener la circulación adecuada.

## **5.4 Almacenamiento**

El agua debe almacenarse previamente libre de impurezas y materia orgánica que pueda alterar las condiciones de la misma. El tanque deberá estar sellado para evitar el ingreso de animales como insectos, roedores o arácnidos que existen en la zona, se deberá dar un mantenimiento periódico para verificar si la cisterna se encuentra sin agujeros que permita el paso de algún animal o impureza que contamine el agua.

Se diseñó una cisterna de aproximadamente 25 m<sup>3</sup>, la cisterna se la ubicó bajo el suelo para evitar el paso de la luz y bajo techo para evitar el calor y por ende la evaporación.

Además, dentro de este sistema se incluye una bomba de succión para extraer el agua almacenada en la cisterna y enviarla hacia el galpón de producción donde los trabajadores encargados del proceso de mezclado utilizarán el agua lluvia. Esta bomba tendrá un 1,5 hp de potencia, ya que es la indicada para poder tener el caudal deseado para el proceso de mezclado.

### **5.4.1 Mantenimiento**

Para tener una mejor calidad de agua se aplicará cloro en pastillas como mantenimiento preventivo y de esta manera evitar el crecimiento de

microorganismos acuáticos. Cabe mencionar que el agua, la mayoría de las veces, no permanecerá más de dos semanas en la cisterna, debido a su alto consumo para el proceso de mezclado en la producción de pisos y revestimientos.

Cada dos meses, la cisterna se deberá lavar para evitar cualquier impureza o animal pudo entrar.

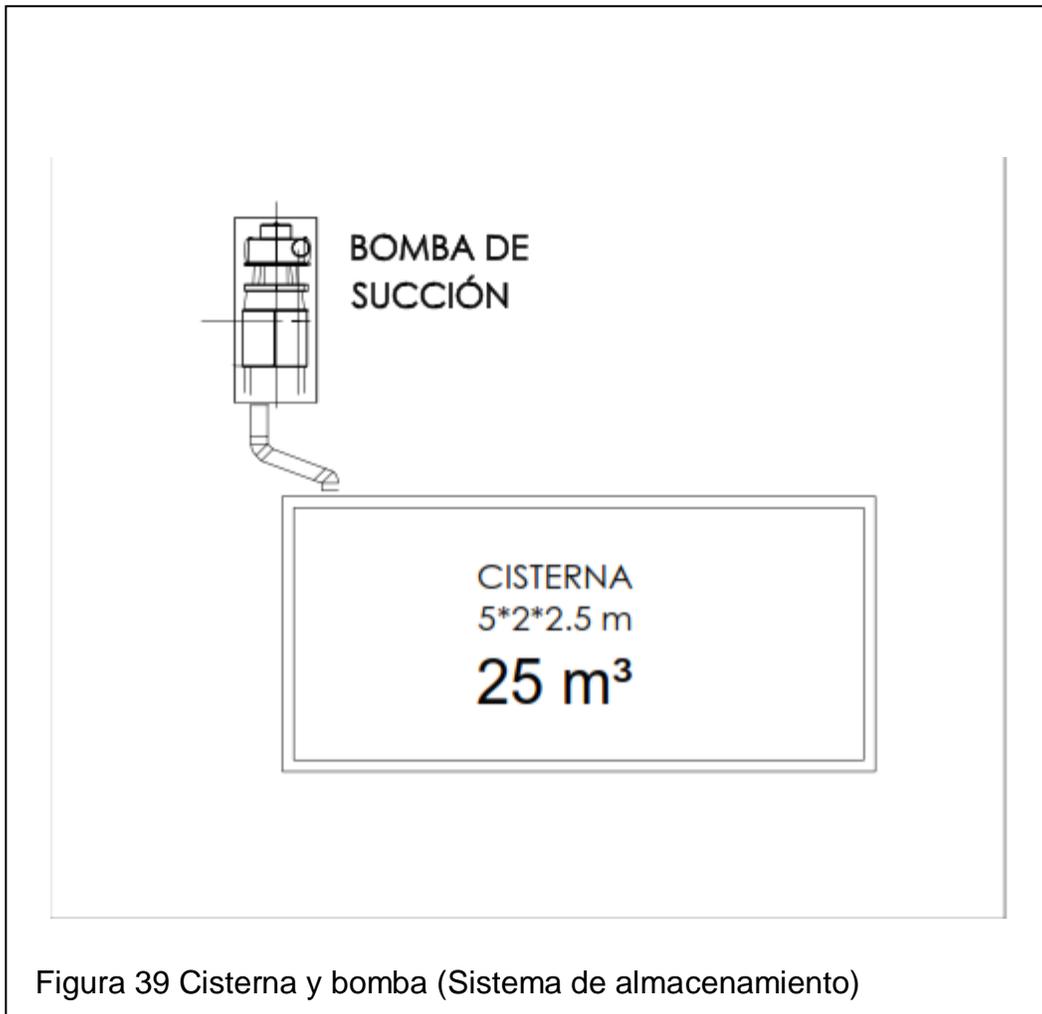


Figura 39 Cisterna y bomba (Sistema de almacenamiento)

#### Anexo 5: Planos del Sistema de Captación de Agua Lluvia

## 6. Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones

### 6.1 Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en lo que respecta a cantidad de agua captada por el sistema, se tendría una cobertura del 60% promedio, por lo que el proyecto es viable. En los meses de marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre, la cobertura sería más del 100% por lo que la empresa podrá utilizar en su totalidad el agua lluvia para el proceso de mezclado en la fabricación de pisos y revestimientos de paredes. Además en el resto del año servirá para tener agua de respaldo, en caso, de algún corte o emergencia.

Actualmente, La planta no se ha trasladado hacia el sector de Oyambarrillo, donde se encuentra la nueva fábrica, debido a un problema, con el Municipio de Quito, por el permiso de uso de suelo, la construcción fue detenida por alrededor de 6 meses. Este inconveniente demoró y complicó el proceso de construcción del sistema que tiene un avance del 80%, aproximadamente. Al momento se encuentran ya construidos los galpones, que en este caso, serían la superficie de captación, la cisterna como superficie de almacenamiento y colocadas las tuberías y canaletas, como sistema de recolección. Faltaría de implementar las rejillas como sistema de filtración y la bomba, para extraer el agua y poder enviarla hacia el proceso de mezclado. Los directivos de la empresa se encuentran afinando los últimos detalles para el traslado.

En lo que se refiere, al análisis económico, se puede concluir que mediante el análisis tradicional con la aplicación de fórmulas como el VAN y el TIR, no es económicamente atractivo el proyecto; y, se demora alrededor de 30 años para recuperar la inversión. Pero, utilizando conceptos actuales y adecuados para la época que se está atravesando, con serios problemas ambientales y climáticos, se puede concluir que la implementación de sistemas como el planteado, que utiliza

de una mejor manera los recursos naturales, hace de este proyecto, realmente, factible y llamativo.

Es importante mencionar que dentro del análisis económico no se introduce ninguna ganancia, ni costo de la empresa. Solamente se incluyen los valores que entran dentro del sistema de captación de agua lluvia. Pero se debe analizar que existen valores que no se pueden contabilizar dentro del proyecto, pues todavía no se ha puesto en práctica. Este valor, es el porcentaje, en que se incrementarían las ventas en el momento que la empresa adopte una imagen ecológica o ambientalmente amigable. Según la revista española Ecolife en 2010 se realizó un artículo acerca de que las personas prefieren productos que ayuden el medio ambiente. Además se cree que tener una imagen amigable con el medio ambiente podría incrementar en un 30% la clientela, logrando que las ventas incrementen y las ganancias aumenten.

Además se puede añadir que la calidad del agua lluvia es bastante buena, por lo que, la misma podría ser utilizada inclusive para los inodoros.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede decir que el proyecto cumple el objetivo general, que es técnicamente viable para hacer un uso eficiente del agua dentro del proceso de mezclado en la fabricación de pisos y revestimientos de paredes, pues con la precipitación de la zona y el espacio disponible. (de acuerdo con los resultados de la Tabla 6 y la Figura 26).

Se aprovechó que la empresa comenzaba la construcción, y se les recomendó aprovechar el uso de los techos de los galpones para la recolección del agua lluvia, obteniendo como resultado una superficie de captación de un tamaño adecuado.

## 6.2 Recomendaciones

Es importante implementar en la empresa conceptos sobre el marketing ecológico para poder crear una imagen verde y poder sacar a relucir lo que se está haciendo por el medio ambiente.

Mediante la incorporación de 2 procesos más de producción más limpia, la empresa podría calificarse como punto verde ante el Ministerio del Ambiente, esto le haría acreedora de la Certificación Punto Verde, dando como resultado un mayor reconocimiento de la empresa, a nivel nacional e internacional, colocar en sus productos el sello de dicha certificación, daría un incremento en sus ventas, haciendo de esta empresa una de las pocas calificada en Ecuador, en temas ambientales.

Un proceso podría ser el mejor aprovechamiento de materias primas como el cemento y la arena.

Un segundo proceso podría ser la incorporación del reciclaje en el empaque de los productos.

## 7. REFERENCIAS

- Anuarios Meteorológicos de la Red Metropolitana de Monitoreo Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito, 2005-2010.
- Arango García, M. A., & Ospino Zambrano, W. (2011). *Economía Ambiental*. Obtenido de Scribd: <http://es.scribd.com/doc/52788875/ECONOMIA-AMBIENTAL-2>
- Bañegil Palacios, T., & Chamorro Mera, A. (2001). *El comportamiento de compra de productos ecológicos*. Obtenido de [http://www.consumo-inc.gob.es/publicac/EC/2002/EC62/Ec62\\_04.pdf](http://www.consumo-inc.gob.es/publicac/EC/2002/EC62/Ec62_04.pdf)
- Cañadas, L. (1983). El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. En L. Cañadas, *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador* (págs. 148-149). Quito.
- Castañeda, N. P. (2010). *PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA*. Obtenido de <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluviaAlternativaAhorroAguaPotableInstitucionEducativaMariaAuxiliadoraCaldas.pdf>
- Centro Nacional de Producción Más Limpia. (S/A). *Ahorro y uso eficiente del agua*. Obtenido de Tecnologías Limpias: <http://www.tecnologiaslimpias.org/html/archivos/catalogo/Catalogo%20ID32.pdf>
- Delgado, J. F., & Campos Romero, D. (2007). *Cambio climático: glaciaciones y calentamiento global*. Bogotá.
- Ecomark. (Diciembre de 2012). *Manual de Marketing Verde. Para polígonos industriales ecológicos*. Obtenido de Ecomark: <http://www.ecomarkproject.eu/userfiles/documents/Public/Green%20Marketing%20Plan%20Manual/published/Manual%20de%20Marketing%20Verde%20SP.pdf>
- Ecuador, B. C. (2013). *Informe Banco Central del Ecuador Inflación*. Obtenido de <http://www.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Notas/Inflacion/inf201302.pdf>
- Efecto Invernadero. (Mayo de 2013). *Efecto Invernadero*. Obtenido de <http://efectoinvernadero.es/>
- Gould, J., & Nissen, E. (1999). *Rainwater catchment systems for domestic supply*. London.
- IPCC. (2007). *Intergovernmental panel on climate change*. Obtenido de [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html)

- IPCC Intergovernmental panel on climate change. (2007). *Intergovernmental panel on climate change*. Obtenido de [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html)
- Jazmín Cruz . (5 de Diciembre de 2009). *Recolección de aguas pluviales*. Obtenido de <http://jazmin-architect.blogspot.com/2009/12/recoleccion-de-aguas-pluviales.html>
- Mendieta, J. C. (Enero de 2000). *Economía Ambiental*. Obtenido de <http://blogcdam.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2012/06/economia-ambiental-mendieta.pdf>
- Muerza, A. F. (22 de Febrero de 2006). *El ozono como contaminante*. Obtenido de Eroski Consumer: [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/urbano/2006/02/22/149576.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2006/02/22/149576.php)
- Pérez de la Cruz, F. J. (2011). *Abastecimiento de Aguas*. Obtenido de [http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6010/mod\\_resource/content/1/Tema\\_02\\_CAPT\\_AGUAS\\_SUP.pdf](http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6010/mod_resource/content/1/Tema_02_CAPT_AGUAS_SUP.pdf)
- PNUMA. (S/A). *Diseño de sistemas de captación del agua lluvia*. Obtenido de <http://www.pnuma.org/recnat/esp/documentos/cap4.pdf>
- Programa Explora. (14 de Junio de 2010). *Programa Explora*. Obtenido de <http://www.explora.cl/otros/agua/ciclo2.html>
- Science for a changing world USGS. (2013). *USGS*. Obtenido de <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>
- Standard Method for examination and water and wastewater 18<sup>th</sup> Edition APHA, 1992
- Sierra, R. (1999). Sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y Ecociencia. En R. Sierra, *Sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y Ecociencia* (pág. 81). Quito.
- teleformacion.edu.aytolacoruna.es. (2007). *Precipitaciones*. Obtenido de [teleformacion.edu.aytolacoruna.es](http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es): [http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/AYC/document/atmosfera\\_y\\_clima/humedad/precipitaciones0.htm](http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/AYC/document/atmosfera_y_clima/humedad/precipitaciones0.htm)
- Veo Verde. (29 de Enero de 2009). *Desarrollo sustentable*. Obtenido de Veo Verde: <http://www.veoverde.com/2009/01/desarrollo-sustentable/>
- Wulf, C., & Newton, B. (2006). *Desarrollo Sostenible*. Munster: Waxmann.

## **8. ANEXOS**